

Aus dem Medizinischen Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde  
Geschäftsführender Direktor: Professor Dr. U. Lotzmann  
des Fachbereichs Medizin der Philipps-Universität Marburg  
in Zusammenarbeit mit dem Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH  
Standort Marburg

Abteilung für Kieferorthopädie  
Leiter: Professor Dr. J.M.H. Dibbets

---

Kraniometrische Querschnittsstudie über die transversale  
Entwicklung vom Säugling bis zum Erwachsenen

Korrelationen zwischen Kranium-, Gebiss- und Unterkieferbreite

INAUGURAL-DISSERTATION  
zur Erlangung des Doktorgrades der Zahnmedizin

dem Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg  
vorgelegt von

Ingmar Braun  
aus Dortmund

Marburg, 2008

Angenommen vom Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg  
am 24. Januar 2008.

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs.

Dekan: Professor Dr. M. Rothmund  
Referent: Professor Dr. J.M.H. Dibbets  
Korreferent: Professor Dr. H. Pancherz

**Gewidmet meinen Eltern**

## **Einsichten**

“Growth is a word, a term, a notion,  
covering a variety of diverse and complex phenomena”

Paul Weiss

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>Grundlagen der Wachstumsprozesse .....</b>	<b>5</b>
1.1.1	Das Remodeling .....	5
1.1.2	Das primäre und sekundäre Displacement .....	5
<b>1.2</b>	<b>Grundlagen des Schädelwachstums.....</b>	<b>6</b>
1.2.1	Suturales Wachstum .....	7
1.2.2	Periostales und endostales Wachstum .....	7
1.2.3	Synchondrales Wachstum .....	8
1.2.4	Sekundäres Knorpelwachstum im Bereich des Unterkiefergelenkes .....	8
1.2.5	Periodontales Knochenwachstum.....	9
<b>1.3</b>	<b>Postnatales Schädelwachstum .....</b>	<b>9</b>
1.3.1	Wachstumsprozesse des Mittelgesichtes .....	10
1.3.2	Wachstumsprozesse der Mandibula .....	12
1.3.3	Wachstumsprozesse der Alveolarfortsätze .....	13
<b>1.4</b>	<b>Messmethoden – Geschichtlicher Abriss.....</b>	<b>14</b>
1.4.1	Kraniometrische Untersuchungen .....	14
1.4.2	Kephalometrische Untersuchungen .....	15
1.4.3	Röntgenologisch-kephalometrische Untersuchungen .....	15
<b>1.5</b>	<b>Vorstellung der Zahnbogenbreitenindizes .....</b>	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL UND METHODE.....</b>	<b>20</b>
<b>2.1</b>	<b>Material .....</b>	<b>20</b>
<b>2.2</b>	<b>Methoden.....</b>	<b>20</b>
2.2.1	Geschlechtsbestimmung .....	20
2.2.2	Altersbestimmung.....	21
2.2.3	Schädelvermessung .....	25
2.2.3.1	Messmethoden .....	25

2.2.3.2	Messstreckenbezeichnungen/ Variablennamen.....	27
2.2.3.3	Messstrecken am Unterkiefer .....	29
	Zahnbreite (Variablen 5 bis 8).....	29
	Dentale Basis des Unterkiefers (Variable 9) .....	29
	Apikale Basis des Unterkiefers (Variable 10).....	30
	Skelettale Basis des Unterkiefers (Variable 11).....	31
	Angulus mandibulae (Variable 12) .....	32
2.2.3.4	Messstrecken am Mittelgesicht .....	32
	Zahnbreite (Variablen 1 bis 4).....	33
	Dentale Basis des Oberkiefers (Variable 13) .....	33
	Apikale Basis des Oberkiefers (Variable 14) .....	34
	Skelettale Basis des Oberkiefers (Variable 15).....	35
	Sutura zygomaticomaxillaris (Variable 16).....	36
	Arcus zygomaticus (Variable 17) .....	37
	Biauricularbreite (Variable 18).....	37
	Bizygomaticumbreite (Variable 19) .....	38
	Transorbitabreite (Variable 20) .....	38
	Winkelmessungen am Os petrosum (Variablen 21 u. 22).....	39
	Transversaler Intercondylarabstand (Variable 23) .....	40
	Summe der Inzisivi im Ober- und Unterkiefer (Variablen 24 u. 25) .....	40
2.2.4	Statistische Methoden.....	40
2.2.4.1	Methodenfehler nach Dahlberg .....	41
2.2.4.2	Erstellung von Mittelwerten .....	41
2.2.4.3	Ermittlung der Standardabweichung .....	41
2.2.4.4	Kolmogorov-Smirnov-Test .....	42
2.2.4.5	t-Test bei zwei unabhängigen Stichproben.....	42
2.2.4.6	Erstellung von Streudiagrammen .....	43
2.2.4.7	Faktorenanalyse .....	43
2.2.4.8	Korrelationsanalyse nach Pearson .....	43
2.2.4.9	Partielle Korrelation .....	44
2.2.4.10	Erstellung von Histogrammen .....	45
<b>3</b>	<b>ERGEBNISSE.....</b>	<b>46</b>
<b>3.1</b>	<b>Methodenfehler nach Dahlberg.....</b>	<b>46</b>

<b>3.2</b>	<b>Grobe Beschreibung der Änderung der untersuchten Strecken mit dem Alter .....</b>	<b>47</b>
<b>3.3</b>	<b>Darstellung der Änderungen der Messstrecken in Abhängigkeit vom Alter in Form von Streudiagrammen.....</b>	<b>49</b>
3.3.1	Zahnbreite 12 und 52 .....	50
3.3.2	Zahnbreite 11 und 51 .....	51
3.3.3	Zahnbreite 21 und 61 .....	52
3.3.4	Zahnbreite 22 und 62 .....	53
3.3.5	Zahnbreite 32 und 72 .....	54
3.3.6	Zahnbreite 31 und 71 .....	55
3.3.7	Zahnbreite 41 und 81 .....	56
3.3.8	Zahnbreite 42 und 82 .....	57
3.3.9	Wachstumskurve der dentalen Basis des Unterkiefers.....	58
3.3.10	Wachstumskurve der apikalen Basis des Unterkiefers.....	59
3.3.11	Wachstumskurve der skelettalen Basis des Unterkiefers .....	60
3.3.12	Wachstumskurve am Angulus mandibulae .....	61
3.3.13	Wachstumskurve der dentalen Basis des Oberkiefers.....	62
3.3.14	Wachstumskurve der apikalen Basis des Oberkiefers.....	63
3.3.15	Wachstumskurve der skelettalen Basis des Oberkiefers .....	64
3.3.16	Wachstumskurve an der Sutura zygomaticomaxillaris .....	65
3.3.17	Wachstumskurve am Arcus zygomaticus.....	66
3.3.18	Wachstumskurve der Biauricularbreite .....	67
3.3.19	Wachstumskurve der Bizygomaticumbreite.....	68
3.3.20	Wachstumskurve der Transorbitabreite.....	69
3.3.21	Wachstumskurve des Winkels am Os petrosum rechts .....	70
3.3.22	Wachstumskurve des Winkels am Os petrosum links.....	71
3.3.23	Wachstumskurve des transversalen Intercondylarabstandes .....	72
3.3.24	Zahnbreitensumme der Inzisivi im Oberkiefer.....	73
3.3.25	Zahnbreitensumme der Inzisivi im Unterkiefer.....	74
<b>3.4</b>	<b>Faktorenanalyse.....</b>	<b>75</b>
<b>3.5</b>	<b>Korrelationsanalyse nach Pearson.....</b>	<b>77</b>
<b>3.6</b>	<b>Partielle Korrelation.....</b>	<b>81</b>

<b>3.7</b>	<b>Überprüfung des Pont'schen Index .....</b>	<b>85</b>
<b>4</b>	<b>DISKUSSION .....</b>	<b>89</b>
<b>4.1</b>	<b>Fehlerdiskussion .....</b>	<b>89</b>
<b>4.2</b>	<b>Postnatales quantitatives transversales Wachstum des Gesichtsschädels ..</b>	<b>90</b>
4.2.1	Quantitatives transversales Wachstum des Mittelgesichtes und der Schädelbasis .....	93
4.2.1.1	Quantitatives Wachstum der Sutura zygomaticomaxillaris (16).....	93
4.2.1.2	Quantitatives Wachstum des Arcus zygomaticus (17) / der Bizygomaticumbreite (19).....	94
4.2.1.3	Quantitatives Wachstum der Biauricularbreite (18).....	95
4.2.1.4	Quantitatives Wachstum der Transorbitabreite (20) .....	95
4.2.1.5	Quantitatives Wachstum des Winkels am Os petrosum rechts (21) und links (22).....	96
4.2.2	Quantitatives transversales Wachstum der Mandibula.....	97
4.2.2.1	Quantitatives Wachstum am Angulus mandibulae (12).....	97
4.2.2.2	Quantitatives Wachstum des transversalen Intercondylarabstandes (23) .....	98
4.2.3	Quantitatives transversales Wachstum der Alveolarfortsätze .....	99
4.2.3.1	Quantitatives Wachstum der dentalen Basis des Oberkiefers (13).....	99
4.2.3.2	Quantitatives Wachstum der apikalen Basis des Oberkiefers (14).....	101
4.2.3.3	Quantitatives Wachstum der skelettalen Basis des Oberkiefers (15)...	103
4.2.3.4	Quantitatives Wachstum der dentalen Basis des Unterkiefers (9) .....	104
4.2.3.5	Quantitatives Wachstum der apikalen Basis des Unterkiefers (10) .....	105
4.2.3.6	Quantitatives Wachstum der skelettalen Basis des Unterkiefers (11)..	105
4.2.3.7	Querschnitt des transversalen Wachstums des Gesichtsschädels.....	105
<b>4.3</b>	<b>Zusammenhang zwischen der Schädelbreite und der Breite des Ober- und Unterkiefers.....</b>	<b>106</b>
<b>4.4</b>	<b>Zusammenhang zwischen der Schneidezahnbreite und der Zahnbogenbreite.....</b>	<b>114</b>
<b>5</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG.....</b>	<b>120</b>



<b>6</b>	<b>ABSTRACT .....</b>	<b>122</b>
<b>7</b>	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....</b>	<b>124</b>
<b>8</b>	<b>TABELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>127</b>
<b>9</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>129</b>
<b>10</b>	<b>ANHANG .....</b>	<b>142</b>
<b>10.1</b>	<b>Literaturfundstellen zu Messmethoden - Geschichtlicher Abriss.....</b>	<b>142</b>
10.1.1	Literaturfundstellen zu kranio-metrischen Untersuchungen.....	142
10.1.2	Literaturfundstellen zu kephalometrische Untersuchungen .....	144
10.1.3	Literaturfundstellen zu röntgenologisch-kephalometrische Untersuchungen .....	145
<b>10.2</b>	<b>Kolmogorov-Smirnov-Test .....</b>	<b>150</b>
<b>10.3</b>	<b>t-Test bei zwei unabhängigen Stichproben .....</b>	<b>151</b>
<b>10.4</b>	<b>Korrelationstabellen nach Pearson.....</b>	<b>154</b>
<b>10.5</b>	<b>Zusammenfassung der Messwerte .....</b>	<b>159</b>
<b>10.6</b>	<b>Poster, 77. Wissenschaftliche Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Kieferorthopädie.....</b>	<b>161</b>
<b>11</b>	<b>VERZEICHNIS AKADEMISCHER LEHRER.....</b>	<b>162</b>
<b>12</b>	<b>DANKSAGUNG .....</b>	<b>163</b>

# 1 Einleitung

Das kraniofaziale System besteht sowohl aus knöchernen, als auch aus Weichgewebsstrukturen, welche sich gegenseitig beeinflussen. Der Begriff „Wachstum“ beschreibt hierbei die reine Größenveränderung dieser Strukturen, der Begriff „Entwicklung“ erfasst die Veränderungen dieser Strukturen über die Zeit. Es wurden zahlreiche Studien zu Streckenvermessungen an anatomisch wichtigen Punkten vorgelegt, um Durchschnittswerte als Anhaltspunkte für das „normale“ Breitenwachstum zu erhalten. Die Kenntnis über die „Normalentwicklung“ bildet die Grundlage zur Erkennung und Bewertung der Behandlungsnotwendigkeit „anormaler Entwicklungen“, wie sie im Zusammenhang von Wachstumsstörungen zu finden sind. Beispielsweise ist eine in der Kieferorthopädie häufig zu behandelnde transversale Entwicklungsstörung der mit einer hohen Rezidivrate einhergehende Kreuzbiss [Ferris 1914; Timms und Moss 1971; Herold 1989]. Eine besondere Bedeutung bekommt hierbei die transversale Entwicklung, wenn man die Möglichkeiten und Grenzen bestimmter Behandlungsverfahren, wie der palatinalen Expansion, abschätzen muss oder in Grenzfällen über die Extraktion oder das Belassen von Zähnen entscheiden soll [Lux et al. 2004]. Die Bestimmung des günstigsten Zeitpunktes für den Behandlungsbeginn ist für die Therapieplanung von großer Relevanz.

Im Vergleich mit der Vielzahl von Daten, die über die sagittale und vertikale Schädelentwicklung vorliegen, sind nur wenige Studien über die transversale Entwicklung vorhanden [Athanasίου et al. 1992; Snodell et al. 1993; Basyouni und Nanda 2000; Allen et al. 2003; Lux et al. 2004].

In der vorliegenden Arbeit soll anhand eines Schädelkollektivs von Herrn Professor J.M.H. Dibbets, Philipps-Universität Marburg, das postnatale transversale Wachstum des Gesichtsschädels quantitativ mit Hilfe von Transversalmessungen verschiedener Strecken näher untersucht werden.

Betrachtet man das Gesicht „en face“, so stellt man schnell fest, dass es unterschiedliche Gesichtsformen gibt. Ein schmales Gesicht wird als „dolichofazial“, ein mittelbreites als „mesofazial“ und ein breites als „brachyfazial“ beschrieben. Bei einem „dolichofa-

ziales“ Gesicht erwartet man daher einen schmalen, bei einem „brachyfazialen“ einen breiten Kiefer.

Reichenbach und Brückl verglichen den Ober- und Unterkieferzahnbogen mit einer Perlenkette [Reichenbach und Brückl 1952]. Legt man eine Perlenkette um einen schmalen Hals, hängt sie schmal und lang herunter. Wenn man die Perlenkette jedoch um einen breiten Hals legt, wird diese breit und kurz herunterhängen. Die Zähne entsprechen den Perlen, so dass bei sinnbildlicher Übertragung bei einem „dolichofazialen“ Gesichtstyp ein schmaler, langer Zahnbogen zu erwarten ist, bei einem „brachyfazialen“ Gesichtstyp hingegen ein breiter und kurzer Zahnbogen. Dieser augenscheinliche Zusammenhang zwischen Schädelbreite und Zahnbogenbreite wird durch ein Zitat von Moyers, welches einen Zusammenhang zwischen Schädel und Okklusion beschreibt, unterstrichen: „Without the biologic dynamics of natural and contrived changes in craniofacial morphology no occlusion can be improved, no face made more esthetic“ [Moyers 1988].

Schon viel früher wurde bereits von Berger [1926] und Izard [1927] eine Beziehung zwischen der Schädelbreite und der Zahnbogenbreite vermutet. Sie entwickelten unabhängig voneinander einen maxillo-fazialen Index, der die Zahnbogenbreite und die Jochbogenbreite in ein bestimmtes Verhältnis setzt. Berger [1926] maß den Zahnbogendurchmesser an den oberen Sechsjahrmolaren und wählte als Messpunkt die Zentralfissur dieser Zähne, Izard [1927] hingegen nutzte die Vestibularflächen der Molaren als Messpunkt. Die Jochbogenbreite wurde ebenfalls etwas unterschiedlich definiert. Berger [1926] maß mit einem Tasterzirkel den Abstand der am weitesten seitlich hervorstehenden Punkte der Jochbögen. Izard [1927] hingegen zog zusätzlich die Weichteildicke ab, um die „wahre Jochbogenbreite“ des Schädels zu erhalten. Entsprechend ergaben sich verschiedene Relationen. Nach Berger [1926] beträgt der Molarenabstand durchschnittlich  $\frac{1}{3}$  der größten Jochbogenbreite, wohingegen bei Izard [1927] der Molarenabstand gleich der halben Jochbogenbreite sein sollte. Nach dem Urteil Izards, zitiert von Berger, sind beide Methoden einander gleichwertig [Berger 1952].

Todd [1930] stellt den von Izard [1927] aufgestellten Zusammenhang in Frage. Er berichtet in seinen Untersuchungen, dass die maximale Gaumenbreite mit 10 Jahren erreicht sei, wohingegen die Jochbogenbreite bis ins jugendliche Alter wachse. Aufgrund dieser Tatsache, folgert Todd, kann keine enge Wachstumsbeziehung

zwischen diesen Strukturen existieren. Berger selbst stellt 1932 klar: „Dieses Verfahren gilt aber nur für erwachsene Individuen (also nach Abschluss des 20. Lebensjahres), für das jugendliche Individuum muss man eine Umrechnung vornehmen, da die Jochbogenbreite in der Wachstumsperiode durchschnittlich um 1,5 mm wächst, während der Molarenabstand sich nur unwesentlich ändert“ [Berger 1932].

In klinischen Untersuchungen fanden Berger [1952] und Young et al. [1937] heraus, dass die Jochbogenbreite unabhängig von Kieferanomalien ist. Sie begründen dies damit, dass der Jochbogen zu weit vom Zahnbogen entfernt sei. Adams [1963] fand keinen signifikanten Unterschied in der Jochbogenrelation zwischen Patienten mit normaler- und Malokklusion. Die praktische Bedeutung der Indizes von Berger [1926] und Izard [1927] wird dadurch deutlich in Frage gestellt.

Das Ziel unserer Studie ist es, festzustellen, ob ein Zusammenhang zwischen der Schädelbreite und der Breite des Ober- und Unterkiefers besteht. Es wird nicht nur das Verhältnis der Zahnbogenbreite zur Jochbogenbreite analysiert, sondern das Verhältnis des gesamten Mittelgesichtes einschließlich des Ramus Mandibulae zur dentalen-, apikalen- und skelettalen Basis des Ober- und Unterkiefers. Die Untersuchung wird anhand von Faktoren- und Korrelationsanalysen durchgeführt.

Zur Bestimmung der individuellen Zahnbogenbreite wurden von verschiedenen Autoren Indizes entwickelt [Pont 1909; Harth 1930; Ritter 1951; Weise und Benthake 1965; Brune 1966; Mühlberg et al. 1969; Schmuth 1994], die das Verhältnis zwischen Schneidezahnbreite und Zahnbogenbreite, auf Grundlage von mathematischen Berechnungen und biometrischen Mittelwerten, festlegen. Diese Berechnungen basieren auf einem Zusammenhang zwischen der Schneidezahnbreite und der Zahnbogenbreite, den Pont [1909] postulierte. Er ging von der vereinfachten Vorstellung aus, dass mit Zunahme der Summe der Schneidezahnbreiten auch die Summe der Breiten der übrigen Zähne proportional größer werden müsse und bei einem harmonisch geformten Zahnbogen sich die Breite ebenfalls proportional zu vergrößern habe. Der Index von Pont [1909] bildete die Grundlage vieler später entwickelter Modifikationen und diente zur Bestimmung der idealen Oberkieferzahnbogenbreite, anhand der Summe der mesiodistalen Durchmesser der vier Oberkieferschneidezahnbreiten. Hiermit wurde ein einfaches Hilfsmittel geschaffen, welches dem Kieferorthopäden ermöglichen sollte, in

der täglichen Praxis einen idealen Zahnbogen zu berechnen (die nähere Vorstellung der Indizes erfolgt in Kapitel 1.5.).

Pont [1909] erhielt seine Daten aus einer französischen Population und war sich bewusst, dass es möglicherweise Unterschiede zwischen ethnischen Gruppen geben könne. Er empfahl die Zuverlässigkeit seines Indexes anhand anderer Populationen zu überprüfen.

Stifter [1958], Lamons [1964] und Gupta et al. [1979] waren von den vorhergesagten Ergebnissen des Index von Pont [1909] überzeugt und empfahlen seine Benutzung als Leitfaden bei der transversalen Expansion der Zahnbögen. Wiebrecht [1975], Bimler [1977], Bastien [1983], Schwartzkopf und Vogl [1984] hielten den Index von Pont [1909] für einen entscheidenden Faktor bei der Zahnbogenentwicklung. Worms et al. [1969], Joondeph et al. [1970], Marshall [1987] und Moyers [1988] haben hingegen nur sehr geringe Korrelationen zwischen den beobachteten und durch den Index vorhergesagten Zahnbogenbreiten gefunden. Sie zogen die Schlussfolgerung, dass der Index von Pont [1909] kein verlässliches Hilfsmittel zur kieferorthopädischen Behandlungsplanung darstellt.

Unter Beachtung der oben genannten Kritikpunkte finden die Indizes in der Odontometrie noch breite Anwendung in der kieferorthopädischen Praxis. Dies veranlasst uns, die Grundlage des Index von Pont [1909], nämlich den Zusammenhang zwischen der Schneidezahnbreite und der Zahnbogenbreite, mittels Korrelationskoeffizienten zu überprüfen.

Zusammenfassend ergeben sich folgende Fragestellungen, die in dieser Arbeit näher behandelt werden sollen:

1. Wie entwickelt sich postnatal das quantitative transversale Wachstum des Gesichtsschädels?
2. Besteht ein Zusammenhang zwischen der Schädelbreite und der Breite des Ober- und Unterkiefers?
3. Besteht ein Zusammenhang zwischen der Schneidezahnbreite und der Zahnbogenbreite?

## **1.1 Grundlagen der Wachstumsprozesse**

Zur Bearbeitung der ersten Frage, wie sich postnatal das quantitative transversale Wachstum des Gesichtsschädels entwickelt, ist die Kenntnis über die differenzierten und komplexen Wachstumsprozesse des Schädels notwendig. Die Vorstellung, dass sich der Knochen im Laufe der Entwicklung nur vergrößert, ist irreführend. Eine reine Vergrößerung durch interstitielles Wachstum kann beim knöchernen Gewebe nicht stattfinden [Enlow und Hans 1996].

Es gibt zwei grundlegende Wachstumsprozesse, die im Folgenden kurz näher erläutert werden. Der erste Wachstumsprozess ist die Umwandlung (engl.: remodeling), der zweite die Verlagerung (engl.: displacement) [Enlow und Hans 1996].

### **1.1.1 Das Remodeling**

Das Remodeling des Knochens findet durch Appositionsvorgänge und Resorptionsvorgänge statt. Diese Vorgänge laufen parallel ab, so dass verschiedene Appositions- und Resorptionsfelder den Knochen in unterschiedlicher Geschwindigkeit wachsen lassen. Sowohl dem periostalen und endostalen, als auch dem periodontalen Wachstum liegt dieser Wachstumsmechanismus zugrunde. Eine weitere Form des Remodelings stellt die Relokation dar. Diese bezeichnet die progressive und sequentielle Bewegung von Anteilen eines Knochens, auch Komponenten genannt, beim Wachstum. Unterschiedliche Komponenten eines Knochens sind zum Beispiel bei der Mandibula der Ramus und Corpus mandibulae [Enlow und Hans 1996].

Eine besondere Form des Remodelings beschreibt das „V-Prinzip“. Viele Knochen, wie zum Beispiel die Mandibula, haben eine V-Konfiguration oder Trichterform. Man spricht von einem Wachstum nach dem V-Prinzip, wenn ein Knochen mit dieser Konfiguration an der Innenseite Knochensubstanz anlagert und an der Außenseite Knochensubstanz abbaut. Der Knochen bewegt sich in Richtung zum breiten Ende des „V“ und wächst dabei in allen Dimensionen. [Enlow und Hans 1996]

### **1.1.2 Das primäre und sekundäre Displacement**

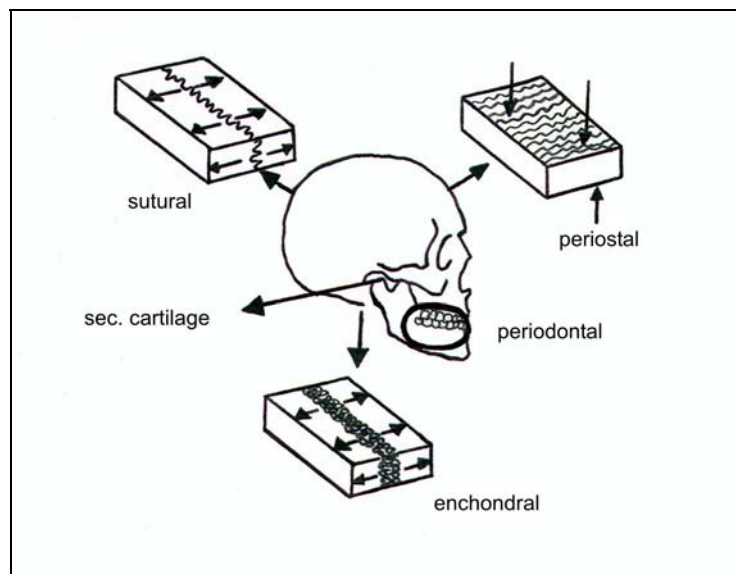
Die zweite Form der Wachstumsmechanismen ist das Displacement, auch Translation genannt. Bezeichnet wird damit eine physikalische Bewegung des gesamten Knochens.

Diese Bewegung ist mit suturalem und synchondralen Wachstum sowie mit sekundärem Knorpelwachstum im Bereich des Unterkiefergelenkes verbunden. Man unterscheidet das primäre vom sekundären Displacement. Beim primären Displacement findet die physikalische Bewegung des Knochens durch die eigene Vergrößerung des Knochens statt. Der Umfang des Displacements entspricht der Deposition an dem artikulierenden Kontakt zu den Nachbarstrukturen. Beim sekundären Displacement erfolgt die physikalische Bewegung des Knochens nicht durch die Vergrößerung des Knochens selbst, sondern durch die Vergrößerung der Nachbarstrukturen [Enlow und Hans 1996].

## 1.2 Grundlagen des Schädelwachstums

Im folgenden Kapitel werden die Grundlagen des Schädelwachstums im kraniofazialen Bereich erläutert.

Die Abbildung 1-1, modifiziert nach Schumacher [1997], zeigt fünf Strukturen des Schädels, an denen Knochenwachstum stattfindet [Enlow und Hans 1996].



**Abbildung 1-1:** Wachstumsstrukturen des Craniums in einer schematischen Darstellung, modifiziert nach Schumacher [1997]

Zu nennen sind:

1. Suturen
2. Periost/ Endost
3. Knorpelgewebe der Schädelbasis (Synchondrosen / enchondral)

4. Sekundärer Knorpel des Unterkiefergelenkes
5. Desmodont (periodontales Knochenwachstum)

### **1.2.1 Suturales Wachstum**

Das suturale Wachstum erfolgt zwischen zwei angrenzenden Knochenrändern, die durch schmale Bindegewebsplatten während des Wachstums miteinander verbunden sind und desmal ossifizieren (siehe Abbildung 1-1). Die Wachstumsrichtung ist unter anderem abhängig von der Art der Suture. Es gibt drei unterschiedliche Arten von Suturen, die sich in der Struktur der Kontaktflächen unterscheiden:

1. Sutura serrata (“verzahnte” Suture; z. B. Sutura sagittalis)
2. Sutura obliqua (“schräge” Suture; z. B. Sutura squamosa)
3. Sutura plana (“ebenflächige” Suture; z. B. Sutura internasalis)

Am Ende des Wachstums kommt es zu einer partiellen oder totalen Verknöcherung der Suturen. Zur Frage des Zeitpunktes der Synostosierung der Suturen erhält man aber unterschiedliche Angaben. Scott [1967] berichtet beispielsweise, dass die meisten Suturen in Schädeln älterer Erwachsener offen erscheinen, obwohl manche Verbindungen möglicherweise existieren. Krogman [1930] hingegen vertritt den Standpunkt, dass sich alle Suturen zum Zeitpunkt der Eruption der dritten Molaren schließen, im Durchschnitt zwei Jahre vor dem Ende des Körperlängenwachstums.

Todd und Lyon [1924,1925] untersuchten 307 Schädel und fanden eine Synostose der Sutura sagittalis mit 22 Jahren, der Sutura coronalis mit 24 Jahren und der Sutura lambdoidea mit 26 Jahren. Dwight [1890] hingegen untersuchte die Sutura sagittalis, coronalis und lambdoidea und vermutete, dass sich die Suturen erst mit 30 Jahren schließen.

Die Festlegung eines Zeitpunktes der Synostosierung erweist sich folglich als schwierig. Es ist eher möglich, einen Zeitraum festzulegen, in dem eine Suture synostosierte.

### **1.2.2 Periostales und endostales Wachstum**

An der Knochenkortikalis findet durch Apposition (Knochenanlagerung) und Resorption (Knochenabbau) Wachstum statt (siehe Abbildung 1-1). Man unterscheidet an der



Kortikalis die äußeren Oberflächen, dem das Periost aufliegt, von den inneren Flächen, die mit Endost bedeckt sind. An beiden Oberflächen kann es zu Appositions- und Resorptionsvorgängen kommen. Im Bereich der Kalotte kommt es zum Beispiel durch Apposition an der Außenfläche und Resorption an der Kalotteninnenfläche zu einer Vergrößerung in Richtung der Kalottenaußenfläche, wobei bei fast gleichen Anteilen an Apposition und Resorption die Knochenstärke der Kalotte konstant bleibt [Enlow und Hans 1996].

Appositions- und Resorptionsvorgänge treten im Bereich des Schädels bis ins hohe Alter auf [Behrents 1985].

### **1.2.3 Synchrondrales Wachstum**

Das synchrondrale Wachstum findet zwischen zwei Knochen, die durch hyalinen Knorpel miteinander verbunden sind, durch enchondrale Ossifikation statt (siehe Abbildung 1-1). Diese Form des Wachstums findet man im Bereich der Schädelbasis an der Synchrondrosis speno-ethmoidalis, bei der Wachstum bis zum vierten Lebensjahr stattfindet, und an der Synchrondrosis speno-occipitalis, die am Ende der Pubertät mit ungefähr 17 Jahren synostosierte [Dibbets 2007].

### **1.2.4 Sekundäres Knorpelwachstum im Bereich des Unterkiefergelenkes**

Das Unterkiefergelenk besteht aus Fossa articularis, Discus articularis und dem Kondylus. In diesen drei Teilen kommt nur sekundärer Knorpel vor. Sekundärer Knorpel entsteht nicht etwa durch Teilung von Knorpelzellen oder interstitiellem Wachstum, sondern aus der Umwandlung von Mesenchymzellen in Knorpelzellen mit appositionellem Wachstum. Eine erhöhte Teilung von Mesenchymzellen kann zu einer verstärkten Knorpelproduktion führen. Der neu gebildete Knorpel am Kondylus kann sich durch enchondrale Ossifikation zu Knochen umwandeln und somit zu Knochenwachstum führen (siehe Abbildung 1-1) [Schroeder 2000].

Im wachsenden Gelenk besitzt die Gelenkfläche eine vierschichtige Struktur. Vom Gelenkspalt bis zum Knochen befindet sich als erstes eine fibröse Bindegewebsschicht, es folgt eine zellreiche Proliferationsschicht, wiederum gefolgt von einer hyalinen Knorpelschicht, die in die Zone der enchondralen Verknöcherung übergeht. Mit dem

18. Lebensjahr endet die enchondrale Ossifikation. Die Proliferationsschicht ist beim Erwachsenen nur noch sehr dünn oder gar nicht mehr angelegt. Die hyaline Knorpelschicht hat sich in eine Faserknorpelschicht umgewandelt [Schroeder 2000]. Durch das sekundäre Wachstum im Bereich des Unterkiefergelenkes kommt es zu einer Verlängerung des Kondylenfortsatzes und damit zu einer Positionsveränderung der gesamten Mandibula.

### **1.2.5 Periodontales Knochenwachstum**

Beim periodontalen Knochenwachstum wird Knochen durch Apposition oder Resorption verändert. Die Appositions- und Resorptionsvorgänge finden am Alveolarknochen (siehe Abbildung 1-1), auch Lamina cribriformis genannt, den angrenzenden Spongiosabälkchen sowie den interdentalen und interradiikulären Knochensepten statt. Bei Appositionsvorgängen im Bereich des Alveolarknochens bildet sich Bündelknochen an der der Alveole zugewandten Seite, der sich bei weiterem Wachstum, auf der den Markräumen zugewandten Seite, in lamellierten Knochen umwandelt [Schroeder 2000].

Das periodontale Knochenwachstum ermöglicht den Zähnen und dem Alveolarknochen eine Lageveränderung in alle Richtungen, welche als Drift bezeichnet wird.

## **1.3 Postnatales Schädelwachstum**

Zunächst erfolgt ein kurzer Überblick über die postnatalen Veränderungen des Neuro- und Viszerokraniums. Anschließend werden, basierend auf den Grundlagen der Wachstumsprozesse (Kapitel 1.1) und den Grundlagen des Schädelwachstums (Kapitel 1.2), die Wachstumsprozesse des Mittelgesichtes, der Mandibula und der Alveolarfortsätze, detailliert erläutert (Kapitel 1.3.1 bis 1.3.3), um in der Diskussion das quantitative transversale Wachstum des Gesichtsschädels (Viszerokranium) beurteilen zu können. Die Wachstumsprozesse des Schädels werden anhand einzelner Wachstumssequenzen beschrieben, die jedoch zeitlich parallel verlaufen.

Nach der Geburt zeigt sich in den ersten Lebensjahren ein deutlicher Größenunterschied zwischen Neuro- und Viszerokranium. Dieser Größenunterschied weist ein Verhältnis von 8:1 auf und wird bis ins Erwachsenenalter auf 2,5:1 angeglichen [Schulze 1993; Harzer 1999]. Diese Veränderung zeigt, dass postnatal ein deutlich größeres Wachstum

im Bereich des Viszerokraniums stattfinden muss, um ein entsprechendes Größenverhältnis zwischen Neuro- und Viszerokranium zu erreichen. Bis zum Beginn der ersten Dentition, mit ungefähr sechs Monaten, nimmt das Viscerokranium an Breite, Höhe und Tiefe deutlich zu. Das Größenverhältnis zwischen Neuro- und Viscerokranium verändert sich dabei nicht. Die Transversalentwicklung kann beim Neugeborenen durch ein bestehendes sagittales Suturensystem erfolgen, welches den Schädel in zwei Hälften teilt. Im Bereich der Schädelbasis befindet sich zwischen dem Corpus sphenoidale und den Ala majores sphenoidales Knorpel, der das Transversalwachstum an dieser Stelle ermöglicht. Im ersten Lebensjahr synostosierte dieser Bereich, so dass das Os sphenoidale als ein Knochen angesehen werden kann [Scott 1957]. In der gleichen Zeit beginnt sich im Bereich des Os frontale die Sutura frontalis zu verschließen [Scott 1957], welche im zweiten Lebensjahr zu einer Synostose, ohne Wachstumstendenz, verknöchert [Schiebler et al. 1997]. Im dritten Lebensjahr ossifiziert das Os cribriforme, welches den frontalen Teil des Os ethmoidale und die Lamina perpendicularis verbindet [Scott 1957]. In der folgenden Zeit, bis ungefähr zum vierten Lebensjahr, wächst das Viscerokranium besonders in vertikaler Richtung schneller als das Neurokranium. Die Wachstumsrate des Neurokraniums wird im Verlauf immer geringer und ist mit 8 Jahren nahezu beendet [Schulze 1993]. Das Viscerokranium vergrößert sich bei Frauen bis zum 18. Lebensjahr und bei Männern bis zum 21. Lebensjahr [Schulze 1993]. Insgesamt fällt beim Viscerokranium das Vertikalwachstum am stärksten aus, gefolgt vom Sagittalwachstum und schließlich vom Transversalwachstum [Miethke 2000]. Das Neurokranium wächst am stärksten in der Länge, gefolgt von der Breite und der Höhe [Miethke 2000].

### **1.3.1 Wachstumsprozesse des Mittelgesichtes**

Die im Rahmen der Wachstumsprozesse des Mittelgesichtes auftretenden Veränderungen am Os zygomaticum zeigen sich an der anterioren Knochenoberfläche durch Knochenresorption und an der posterioren Knochenoberfläche durch Knochenapposition. Die Appositionsvorgänge überwiegen den Resorptionsvorgängen, so dass sich der Wangenknochen insgesamt vergrößert. Das Resultat dieser Vergrößerung ist ein nach anterior und inferior gerichtetes primäres Displacement, welches in Richtung und Ausmaß dem primären Displacement der Maxilla entspricht, so dass beide Knochen im

Wachstumsverlauf in konstanter Relation zueinander stehen. Ein transversales Wachstum des Os zygomaticum und des Arcus zygomaticus findet durch Knochenapposition an der lateralen und Knochenresorption an der medialen Oberfläche statt.

Im Bereich des lateralen Orbitalrahmens findet vertikales Wachstum an der Sutura frontozygomaticus statt [Enlow und Hans 1996]. Kokich [1976] studierte diese Veränderungen an der Sutura frontozygomaticus vom 20. bis 95. Lebensjahr mit der Fragestellung, ab welchem Alter eine Sutur nicht mehr in der Lage ist, am Remodeling mitzuwirken. Er zeigte die Tendenz einer Synostose mit dem 80. Lebensjahr, konnte aber noch keine vollständige Fusion mit dem 95. Lebensjahr feststellen. Sicher [1965] fand heraus, dass die Gesichtssuturen sich im Alter von etwa 30 Jahren schließen. Die Sutura frontozygomaticus bleibt bis ins höhere Alter offen.

Im Bereich der posterioren kortikalen Oberfläche der Tuberositas Maxillae entsteht durch Apposition eine Verlängerung des Oberkieferzahnbogens. Durch Resorption, an der gegenüberliegenden kortikalen Fläche desselben Knochens, erfolgt eine Vergrößerung des Sinus maxillaris. Durch diese Remodeling-Prozesse geht ein primäres Displacement der gesamten Maxilla nach ventro-kaudal einher. Die ventrale Lageveränderung der Maxilla wird passiv durch Vergrößerung der Fossa cranii media, im Sinne eines sekundären Displacements, verstärkt.

In transversaler Richtung ermöglicht die Sutura palatina das Wachstum der Maxilla. Es finden sich hierzu in der Literatur unterschiedliche Angaben über den Zeitpunkt der Synostosierung. Persson [1973] berichtet über eine Fusion der Sutura palatina mit dem 17. Lebensjahr, Latham und Burston [1966] hingegen fanden bei ihren Untersuchungen keinen Anhalt für eine Fusion der Sutura palatina bis zum 18. Lebensjahr. Wright [1911] berichtete, dass die Sutura palatina bis zum 35. Lebensjahr unverknöchert bleibt. Verschiedene Arbeitsgruppen haben anhand embryologischer Studien festgestellt, dass der Oberkiefer ungeteilt verknöchert und beim Menschen keine Prämaxilla mit Suturen existiert [Jacobson 1955; Wood et al. 1967; O'Rahilly und Gardner 1972; Behrents und Harris 1991]. Der anteriore Bereich der Maxilla wirkt wie ein Drehgelenk und lässt somit dorsal ein größeres, suturales Wachstum zu, als weiter anterior [Björk und Skieller 1976]. Histologische Studien von Persson [1973] und Melsen [1975] bestätigen, dass Wachstum an der Sutura palatina bis ins Erwachsenenalter möglich ist.

Weiterhin belegen Implantatstudien von Krebs [1964] und Skieller [1964], dass das Wachstum an der Sutura palatina bis ins jugendliche Alter anhält.

### **1.3.2 Wachstumsprozesse der Mandibula**

Das Sagittalwachstum des Oberkiefers muss für den Erhalt eines harmonischen Gleichgewichtes durch eine Vorwärtsbewegung des Unterkiefers kompensiert werden. Die Mandibula wird nach Enlow und Hans [1996] in zwei funktionelle Elemente unterteilt, den Corpus und den Ramus mandibulae. Am Ramus mandibulae finden zu gleichen Teilen Knochenresorption an der anterioren und Knochenapposition an der posterioren Oberfläche statt. Eine Größenzunahme in der Sagittalebene entsteht dabei nicht. Es kommt vielmehr zu einer Relokation des Ramus mandibulae nach posterior und somit zu einer Verlängerung des Corpus mandibulae in der Sagittalebene. Das Ausmaß der nach posterior gerichteten Relokation entspricht dem primären Displacement des Unterkiefers nach anterior. Im Falle eines perfekten Gleichgewichtes ist das Ausmaß des primären Displacements nach anterior, zwischen Maxilla und Mandibula, gleich groß [Enlow und Hans 1996].

Bei der Vergrößerung des Gehirns findet Wachstum an den Kontaktstellen des Os frontale, Os parietale, Os occipitale und Os temporale statt. Im Bereich der mittleren Schädelbasis wächst die Synchondrosis spheno-occipitalis durch enchondrale Ossifikation, so dass die vordere Schädelbasis und der über Suturen verbundene nasomaxilläre Komplex, im Sinne des sekundären Displacements, nach anterior verlagert werden. Da sich bei der Vergrößerung der Synchondrosis spheno-occipitalis das Wachstum hauptsächlich nach anterior richtet, werden die dorsal davon gelegenen Strukturen, wie die Mandibula, zu einem deutlich kleineren Anteil nach anterior verlagert. Für ein harmonisches Wachstum ist eine Kompensation durch nach posterior gerichtetes Remodeling an der Mandibula erforderlich. Dies erfolgt durch Apposition an der dorsalen Oberfläche des Ramus mandibulae und durch sekundäres Knorpelwachstum an den Kondylen. Hierbei wird der Unterkiefer primär nach anterior verlagert [Enlow und Hans 1996].

Transversalwachstum spielt postnatal am Corpus Mandibulae im Bereich der Symphysis mandibularis keine bedeutende Rolle, da diese bereits im ersten Lebensjahr ossifiziert [Scott 1957; Schiebler et al. 1997]. Der Corpus mandibulae wächst transversal durch

periostales, endostales und desmodontales Wachstum. Die Kieferwinkel sowie der gesamte Ramus mandibulae wachsen nach dem V-Prinzip, durch Apposition an den Außenseiten und Resorption an den Innenflächen, in transversaler Richtung [Enlow und Hans 1996]. Die Kondylen remodeln durch sekundäres Knorpelwachstum nicht nur nach dorsal, sondern auch nach lateral und superior, so dass sich der transversale Intercondylarabstand verbreitert. Damit wird gleichzeitig die gesamte Mandibula durch primäres Displacement nach anterior und inferior verlagert.

### **1.3.3 Wachstumsprozesse der Alveolarfortsätze**

Durch Resorption an der nasalen Seite und Apposition an der oralen Seite des harten Gaumens kommt es zur Relokation des gesamten Gaumens nach inferior. Es entsteht eine Vergrößerung des Nasen-Rachenraumes. Im anterioren Bereich wird die Maxilla resorbiert, an der palatinalen Seite wird Knochen appositioniert, so dass der Alveolarfortsatz mehr nach inferior als anterior wächst. Durch suturales Wachstum an den Kontaktstellen der Mittelgesichtsknochen wird die gesamte Maxilla primär nach inferior verlagert [Enlow und Hans 1996]. Die Zähne selbst wandern, im Sinne einer vertikalen Drift, durch Appositions- und Resorptionsvorgänge im Bereich der Alveolen nach inferior.

Um die Verlagerung des Unterkiefers nach inferior zu kompensieren und die Okklusion mit den Oberkieferzähnen zu erreichen, findet eine nach superior gerichtete Drift der Unterkieferzähne, zusammen mit Remodeling des Alveolarknochens, statt. In einem harmonischen Gleichgewicht entspricht die nach superior gerichtete Bewegung der Unterkieferzähne der nach inferior gerichteten Bewegung des Oberkiefers, dem vertikalen Wachstum des Ramus mandibulae, darin eingeschlossen das Wachstum an den Kondylen und der mittleren Schädelbasis.

Direkt über dem Kinn, an der labialen Seite der Unterkieferfrontzähne, findet Knochenresorption statt, an der lingualen Seite Knochenapposition, so dass eine nach lingual resultierende Drift der Zähne entsteht. Durch Knochenapposition an der Außenseite des Kinns kommt es zur Ausprägung der Kinnprominenz.

## **1.4 Messmethoden – Geschichtlicher Abriss**

Die transversale Dimension im kraniofazialen System wurde bisher mit verschiedenen Messmethoden untersucht. Zunächst erfolgten Messungen am knöchernen Schädel (kranioметриsche Studien) sowie Messungen des Gesichtes direkt am Lebenden (kephalometrische Studien). Später wurden Röntgenbilder vermessen (röntgenologisch-kephalometrische Studien) [Krogman 1973].

In den folgenden Abschnitten werden diese drei Methoden zur transversalen Gesichtsdeterminationsbestimmung auf dem Hintergrund der Literatur zusammenfassend dargestellt. Für eine bessere Übersicht werden die einzelnen Literaturstellen im Anhang in den Kapiteln 10.1.1 bis 10.1.3 näher beschrieben.

### **1.4.1 Kranioметриsche Untersuchungen**

Aus den kranioметриischen Untersuchungen von Woo [1931], Harris [1938] und Harvold [1951] lässt sich ableiten, dass im gesamten Bereich des Gesichtsschädels Asymmetrien auftreten, wobei die Zahnbögen im hohen Grad unabhängig von den angrenzenden basalen Strukturen erscheinen. Eine Untersuchung von Hellmann [1927] zeigt, dass die Breite des Gesichtsschädels am langsamsten, die Höhe des Gesichtsschädels schneller und die Tiefe des Gesichtsschädels am schnellsten wächst. Das größte Wachstum erfolgt nach Rittershofer [1937] im Bereich des Unterkiefers an der Bicondylar- und Bigonialbreite (der Mandibula), im Bereich des Mittelgesichtes an der Bizygomaticumbreite (an den Arci zygomatici vermessen), gefolgt von der Bimalarbreite (am Os zygomaticum vermessen) und der Nasenbreite. Das geringste Wachstum lässt sich zwischen den Oberkiefer Eckzähnen feststellen [Rittershofer 1937]. Die Internalarbreite (vermessen zwischen den unteren Enden der Sutura zygomaticomaxillaris der Os zygomatici) und Bizygomaticumbreite (vermessen wurde der Abstand an der lateralsten Stelle der Os zygomatici) ähneln sich im Wachstumsausmaß, wobei dieser Zusammenhang zwischen der Internalarbreite und der Kranialbreite nicht wiedergefunden werden konnte [Scott 1953].

### **1.4.2 Kephalometrische Untersuchungen**

Die kephalometrische Untersuchung von Hellman [1939] zeigt, dass Asymmetrien bei Gesichtern mit normaler Okklusion deutlich geringer ausgeprägt sind als bei Gesichtern mit Malokklusion. Ergebnisse aus Studien von Goldstein [1936] und Krogman [1973] lassen den Schluss zu, dass das Sagittalwachstum des Schädels am größten ist gefolgt vom Transversal- und Vertikalwachstum, wobei über das Ausmaß zwischen transversalem und vertikalem Wachstum unterschiedliche Ergebnisse vorliegen. Das Kranialwachstum endet zuerst, gefolgt vom Transversalwachstum und schließlich vom Vertikal- und Sagittalwachstum [Goldstein 1936; Krogman 1973]. Eine Untersuchung von Hellman [1932] zeigt, dass die transversale Gesichtsdimension kranial weniger wächst als kaudal. Die größten Gesichtsdimensionen weisen das geringste Wachstum, die kleinsten das größte Wachstum auf [Hellman 1932]. Smyth und Young [1932] stellen in ihren Studien fest, dass ein schmales Gesicht zu einem hohen Gaumen tendiert. Weiterhin wurde ein Zusammenhang zwischen der Zahnbogenbreite und der Breite zwischen den Os Zygomatici festgestellt. Wachstum im Bereich der Zahnbogenbreite konnten Smyth und Young [1932] erst ab dem vierten Lebensjahr feststellen.

### **1.4.3 Röntgenologisch-kephalometrische Untersuchungen**

Eine röntgenologische und kephalometrische Untersuchung von Meredith [1960] zeigt, dass das größte Wachstum im Bereich der Bigonialbreite, ein etwas geringeres im Bereich der Bizygomaticumbreite und das geringste im Bereich der Biparietalbreite stattfindet. Basyouni und Nanda [2000] finden in Ihrer Studie heraus, dass die bilatero-orbitale Breite als erstes das Wachstum beendet, gefolgt von der Bizygomaticum-, Bicondylar-, Bimaxillar-, Bigonial- und Bilateronasal-Breite.

Bei Betrachtung aller drei Gesichtsdimensionen stellen eine Studie von Savara und Tracy [1967] und eine Studie von Savara und Singh [1968] für den Unterkiefer fest, dass das Sagittalwachstum am größten, das Transversalwachstum geringer und das Vertikalwachstum am kleinsten ist. Im Oberkiefer hingegen ist das Vertikalwachstum am größten, das Sagittalwachstum kleiner und das Transversalwachstum am geringsten [Savara und Tracy 1967; Savara und Singh 1968].

Newmann und Meredith [1956] sowie Cortella et al. [1997] zeigen, dass sich geschlechtsspezifische Unterschiede in der absoluten Größe widerspiegeln. Männliche



Personen weisen größere Messwerte als weibliche auf, wobei signifikante Geschlechtsunterschiede speziell bei den Mandibularbreiten erst mit 16 Jahren und bei den Maxillabreiten erst mit 17 und 18 Jahren festgestellt werden konnten. Ein Anstieg der Wachstumsgeschwindigkeit der Mandibula- und Maxillabreite konnte zusammen mit dem Beginn des adoleszenten Wachstumsspurtes bei Mädchen mit 11,5 Jahren und bei Jungen zwischen 13,5 bis 14 Jahren ermittelt werden [Newmann und Meredith 1956; Cortella et al. 1997].

Eine Studie von Singh und Savara [1966] zeigt, dass der Oberkiefer einen Wachstums-spurt im Alter von 10 bis 12 Jahren durchläuft und das größte Wachstum in der Höhe, gefolgt von der Länge und anschließend von der Breite stattfindet.

Bei genauer Betrachtung zeigt Woods [1950], dass die Breite zwischen den ersten Oberkiefermolaren, bis die Zähne in Okklusion treten, zunimmt. Danach findet nur noch sehr geringes Breitenwachstum statt. Die Breite zwischen den ersten Unterkiefermolaren hingegen nimmt, bis die Zähne in Okklusion treten, ab. Anschließend kann es zur weiteren Abnahme der Breite, Stagnation oder Zunahme kommen [Woods 1950].

Athanasiou et al. [1992] zeigen in ihrer Studie, dass im Alter von 6 bis 15 Jahren alle skelettalen Breiten zwischen den Messpunkten Antegonion, Latero-orbitale, Mastoid, Medio-orbitale und Maxillare wachsen. Die Unterkiefer Intermolarenbreite hingegen weist im gesamten Untersuchungszeitraum, die Oberkiefer Intermolarenbreite nur im Zeitraum von 9 bis 12 Jahren kein Wachstum auf.

Die vordere Zahnbogenbreite zwischen den Eckzähnen und die hintere Zahnbogenbreite zwischen den ersten Molaren wurde in einer Studie von Bishara et al. [1997] untersucht. Das Breitenwachstum im Ober- und Unterkiefer hält bis zum 13. Lebensjahr an und nimmt anschließend, bei Durchbruch aller bleibenden Zähne, wieder leicht ab.

Snodell et al. [1993] zeigen in Ihrer Studie, dass mit dem 6. Lebensjahr das Transversalwachstum weiter fortgeschritten ist als das Vertikalwachstum. Bereits 80 % der endgültigen Breite sind mit dem 6. Lebensjahr erreicht. Korrelationsanalysen nach Pearson zeigen, dass die Bizygomatombreite mit allen anderen transversalen Messstrecken, außer der Oberkieferbreite bei den Jungen, korreliert. Die Zahnbogenbreite, vermessen an den ersten Molaren, korreliert mit  $r=0,85$  ( $p=0,0001$ ) zwischen Ober- und Unterkiefer, an den zweiten Molaren vermessen mit  $r=0,80$  ( $p=0,0001$ ). Die meisten geschlechtsspezifischen Unterschiede findet man im Alter von 18 Jahren [Snodell et al. 1993].

Oberkieferzahnbogenbreitenmessungen zeigen nach Warren [1959], Meredith und Highley [1951] signifikante Korrelationen zu Mittelgesichtsbreitenmessungen (Bilatero-orbitalbreite, Bimaxilliarbreite), wobei kein Zusammenhang zur Biparietalbreite festgestellt werden konnte. Unterkieferzahnbogenbreitenmessungen zeigen keine signifikanten Korrelationen zur Bigonialbreite [Meredith und Higley 1951; Warren 1959].

## 1.5 Vorstellung der Zahnbogenbreitenindizes

Zur Beurteilung der transversalen Zahnbogenform wurden Zahnbogenbreitenindizes entwickelt.

Pont [1909] untersuchte die Schneidezahnbreiten und Zahnbogenbreiten anhand von 49 regelrechten Gebissen südfranzösischer Herkunft (Lyon). Hierbei wurde die größte Breite der mittleren und seitlichen Oberkieferschneidezähne vermessen. Diese Werte wurden addiert und lieferten den Wert für die Summe der Inzisivi im Oberkiefer (SIOK). Weiterhin wurde zur Bestimmung der vorderen Zahnbogenbreite (v.Z.) der Abstand zwischen der Mitte der Querrfissur der ersten Oberkieferprämolaren und zur Bestimmung der hinteren Zahnbogenbreite (h.Z.) der Abstand der Mitte der Querrfissur der ersten Oberkiefermolaren vermessen. Für den Unterkiefer sind als Messpunkte der distale Kontaktpunkt des ersten Unterkieferprämolaren und der mittlere bukkale Höcker des ersten Unterkiefermolaren verwendet worden, welche bei eugnathen Kiefern den Oberkiefermesspunkten gegenüberliegen [Pont 1909].

Die Summe der Inzisivi wurde mit 100 multipliziert und anschließend durch den Wert der vorderen beziehungsweise hinteren Zahnbogenbreite dividiert, entsprechend folgender Formeln:

$$Index\ OK = \frac{SIOK \cdot 100}{(v.Z.)}$$

$$Index\ OK = \frac{SIOK \cdot 100}{(h.Z.)}$$

(v.Z.) = vordere Zahnbogenbreite

(h.Z.) = hintere Zahnbogenbreite

SIOK = Summe der Inzisivi im Oberkiefer

Von den so ermittelten Indexzahlen wurde jeweils ein Mittelwert errechnet, der für die vordere Zahnbogenbreite 80 und für die hintere Zahnbogenbreite 64 betrug. Aus diesen Ergebnissen wurden zwei Indizes abgeleitet, mit denen es möglich sein soll, die Breite eines „normalen“ Zahnbogens zwischen den ersten Prämolaren und ersten Molaren des Oberkiefers mit Hilfe der Summe der Schneidezahnbreiten des Oberkiefers zu errechnen:

$$(v.Z.) = \frac{SIOK \cdot 100}{80}$$

$$(h.Z.) = \frac{SIOK \cdot 100}{64}$$

(v.Z.) = vordere Zahnbogenbreite

(h.Z.) = hintere Zahnbogenbreite

SIOK = Summe der Inzisivi im Oberkiefer

Harth [1930] hat, initiiert von Korkhaus [1932], anhand regelrechter Gebisse einer rheinländischen Bevölkerung den Pont'schen Index überprüft. Das Patientengut umfasste 44 Kinder im Alter von 6 Jahren, 40 Kinder und Jugendliche im Alter von 12 bis 14 Jahren und 53 Jugendliche und Erwachsene im Alter von 15 bis 18 Jahren. Mit Hilfe der Summe der Schneidezahnbreiten des Oberkiefers [Pont 1909] sowie der vorderen und hinteren Zahnbogenbreite des Oberkiefers wurden Indexzahlen ermittelt. Der Mittelwert der Indexzahlen für die vordere Zahnbogenbreite betrug 85, für die hintere Zahnbogenbreite 65. Harth [1930] modifizierte die Pont'sche Formel wie folgt:

$$(v.Z.) = \frac{SIOK \cdot 100}{85}$$

$$(h.Z.) = \frac{SIOK \cdot 100}{65}$$

(v.Z.) = vordere Zahnbogenbreite

(h.Z.) = hintere Zahnbogenbreite

SIOK = Summe der Inzisivi im Oberkiefer

Die im Vergleich zu Pont [1909] neu berechneten, größeren Indexzahlen begründete Harth [1930] mit der Tatsache, dass die Pont'schen Messwerte für die Zahnbogen-

breiten absichtlich zu groß gewählt worden waren, mit dem Ziel einer Überdehnung der Zahnbögen. Auf diesem Hintergrund konnten sie den Index von Pont [1909] für eine rheinländische Bevölkerung bestätigen [Harth 1930].

Weitere Korrelationen wurden zum Beispiel von Ritter [1951], Weise und Benthake [1965] als „Düsseldorfer Bezugswerte“, Brune [1966], Mühlberg et al. [1969] als „Leipziger Richtwerte“ und Schmuth [1994] als „Kölner Zahlen“ ermittelt. Diese Untersuchungen basieren auf dem von Pont [1909] entwickelten Index und sollen daher nur der Vollständigkeit halber erwähnt werden.

## **2 Material und Methode**

### **2.1 Material**

Untersucht wurden 210, wahrscheinlich ursprünglich aus Indien stammende, mazerierte Schädel.

Diese wurden von der Firma Killgeor, Michigan, in der Zeit von 1975 bis 1985 für die kieferorthopädische Abteilung der Klinik in Groningen erworben. Der damalige Leiter der Klinik in Groningen, Professor J.M.H. Dibbets, heutiger Leiter der kieferorthopädischen Abteilung der Universitätsklinik in Marburg, übernahm die Schädelammlung im Jahre 1990. Das Spektrum reichte vom Säuglingsschädel bis zum Greisenschädel.

Von der Untersuchung wurden 9 Schädel aufgrund von ausgeprägten Asymmetrien, wie zum Beispiel einseitige Mittelgesichtshypoplasien, Laterognathien oder Deformationen im Bereich der Schädelkalotte, ausgeschlossen. Die Anzahl der zur Verfügung stehenden Schädel reduzierte sich somit auf 201 Schädel mit eugnathen Kiefern.

Für die Schädelammlung war weder das chronologische Alter zum Todeszeitpunkt noch das Geschlecht dokumentiert.

### **2.2 Methoden**

#### **2.2.1 Geschlechtsbestimmung**

Professor Kunter, Anthropologe der Universität Gießen, untersuchte 1994 die Schädelammlung und versuchte, das Geschlecht der Schädel zu bestimmen.

Es ist bekannt, dass bestimmte Schädelknochen durch den Einfluss sekundärer Sexualhormone in ihrer Ausprägung (Größe, Form, strukturelle Merkmale) unterschiedlich beeinflusst werden. Daher kann im Allgemeinen eine Geschlechtsbestimmung erst nach der Pubertät erfolgen, bei Mädchen somit zwischen 10 und 12 Jahren und bei Jungen zwischen 12 und 14 Jahren [Behrents 1985].

Folgende Knochenstrukturen wurden zur Geschlechtsbestimmung herangezogen [Behrents 1985]:

- oberer Augenhöhlenrand
- Stirnhöhle
- Nasenbein
- Wangenknochen
- Unterkiefersymphyse
- Unterkieferwinkel
- Kondylen des Hinterhauptbeins
- Mastoidfortsatz
- Aufwölbung am Hinterhauptbein

Das Geschlecht von 160 Schädeln konnte mit Hilfe dieser Kriterien nicht eindeutig bestimmt werden, da sie zu jung waren. Von den übrigen 41 Schädeln wurden 21 als männlich und 20 als weiblich bestimmt. Eine Auswertung bezüglich des Geschlechts wurde aufgrund der geringen Schädelanzahl in der vorliegenden Studie nicht vorgenommen.

### **2.2.2 Altersbestimmung**

Bei der vorliegenden Schädelnsammlung war das chronologische Alter der Schädel nicht bekannt. Die Altersbestimmung wurde von Greiner [2000] anhand der Dentition durchgeführt und nach einem Verfahren von Dibbets [2007] modifiziert. Bei einer Altersbestimmung mit Hilfe der Dentition erhält man das dentale Alter und nicht das chronologische Alter der Schädel.

Moorrees und Kent [1978] verwendeten als Erste den Begriff „step function“ Modell. Dieses Modell beschreibt eine treppenförmige, ansteigende Funktion, wobei auf der Abszisse das Alter in logarithmischer Form und auf der Ordinate die Anzahl der Zähne in numerischer Form dargestellt werden. Für jeden neu durchbrechenden Zahn wird das Durchschnittsalter bestimmt und als „Treppensatz“ aufgezeichnet. Die Breite der Treppenstufe gibt den Zeitraum bis zum nächsten durchbrechenden Zahn an. Dieses Modell basiert auf einer Studie, die anhand von Zwillingsspärchen durchgeführt wurde und sich auf die erste und zweite Wechselphase bezieht [Moorrees und Kent 1978].

Hägg und Taranger [1985] haben in einer ähnlichen Studie den Milchzahndurchbruch untersucht. Festgestellt wurde in den Untersuchungen, dass innerhalb eines bestimmten Zeitintervalls in regelmäßigen Abständen Zähne durchbrechen. Folglich kann diese in einem Koordinatensystem eingetragene „step function“ wegen der Regelmäßigkeit der einzelnen Stufen auch als lineare Funktion dargestellt werden. Die Steigung der linearen Funktion ist jedoch für die jeweiligen Gebissentwicklungsphasen unterschiedlich, was sich auf den Durchbruchrhythmus auswirkt.

Von Lysell et al. [1962] ist bekannt, dass der Milchzahndurchbruch nicht mit der Geburt, sondern vom 6. Lebensmonat an beginnt.

Das Marburger „step function“ Modell basiert auf einer Einteilung der Gebissentwicklung in Ruhephasen und Wechselphasen, die sich in einem 2,5-Jahresrhythmus abwechseln. Eine Einteilung des dentalen Alters in 9 Gruppen wurde den Arbeiten von Greiner [2000] und Dibbets [2007] entnommen. Eine Übersicht ist in der Tabelle 2-1 dargestellt.

**Tabelle 2-1:** Einteilung des dentalen Alters [Greiner 2000; Dibbets 2007]. Die in der Spalte Dentitionsmerkmale in Klammern aufgeführten Jahreszahlen entsprechen den Mittelwerten.

Dentitionsmerkmale	Dentales Alter in Jahren
Milchzähne im Durchbruch (Beginn mit 6 Mo.)	0,5 -2,5
<b>1. Ruhephase</b> Milchzähne vollständig durchgebrochen (Ramus < 3 J; Ramus > 4 J; erster Molar sichtbar, Kortikalis durchbrochen 4,5 J)	2,5 -5,0
<b>1. Wechselphase</b> Erster Molar und bleibende Schneidezähne im Durchbruch	5,0 -7,5
<b>2. Ruhephase</b> Erster Molar und bleibende Schneidezähne vollständig durchgebrochen	7,5 -10,0
<b>2. Wechselphase</b> Zahnwechsel in den Stützzonen, Durchbruch des zweiten Molaren	10,0 -12,5
Stützzonen und zweiter Molar vollständig durchgebrochen	12,5 -17,5
Dritter Molar im Durchbruch	18,0
Dritter Molar vollständig durchgebrochen	20,0
Abrasionen, horizontaler Knochenabbau	> 30,0

Während des Milchzahndurchbruches sowie der ersten und zweiten Wechselphase wird jedem neu durchbrechenden Zahn ein proportionaler und linearer Anteil an der 2,5-jährigen Dauer zugeteilt, entsprechend der Anzahl der Zähne, die in der jeweiligen Phase durchbrechen. Folglich wird dem Ausgangsalter einer Gebissentwicklungsphase pro durchgebrochenem Zahn dieser Phase eine bestimmte Anzahl von Monaten hinzugezählt [Dibbets 2007] (siehe Tabelle 2-2). In der vorliegenden Untersuchung der Schädel gilt ein Zahn als durchgebrochen, sobald die Okklusalfäche des Zahnes die Kortikalis des Alveolarknochens vollständig durchbrochen hat. Diese Methode ermöglicht eine differenzierte Bestimmung des dentalen Alters der kindlichen und jugendlichen Schädel.



**Tabelle 2-2:** Bestimmung des Zahnalters der Schädel mittels der Marburger „step function“.

<b>Gebissentwicklungsphase</b>	<b>Durchbruchsanzahl pro Zeit</b>	<b>„step function“ Alter</b>
Milchzahndurchbruch	20 Zähne in 24 Monaten (Beginn mit 6 Monaten)	0,5 Jahre + 1 Monat pro Zahn
1. Wechselphase	12 Zähne in 30 Monaten	5 Jahre + 3 Monate pro Zahn
2. Wechselphase	16 Zähne in 30 Monaten	10 Jahre + 2 Monate pro Zahn

Bei den jungen erwachsenen Schädeln (18 bis 20jährige) wurde eine Alterseinteilung mit dem Durchbruchstand der Weisheitszähne durchgeführt (siehe Tabelle 2-1).

Die Schädel der erwachsenen Personen konnten nicht weiter mit Hilfe der Dentition differenziert werden. Ihr Alter wurde auf dreißig Jahre festgelegt. Voraussetzung für dieses Alter war, dass alle Weisheitszähne vollständig durchgebrochen, Abrasionen an den Zähnen zu erkennen sind und ein horizontaler Knochenabbau des Alveolarkammes stattgefunden hat.

Für die weitere Betrachtung der Schädel der Erwachsenen ist es wichtig zu bedenken, dass Schädel vorkommen können, die zum Zeitpunkt ihres Todes mindestens 21 Jahre alt sind oder erheblich älter sein können. Die Alterszuteilung von dreißig Jahren ist insofern beliebig und sagt nur aus, dass es sich um Schädel von Erwachsenen handelt.

Zusätzlich wurde in der vorliegenden Studie eine Einteilung in Altersklassen vorgenommen. Eine Altersklasse beschreibt das „step function“ Alters-Intervall von minus einem und plus einem Jahr der jeweiligen Klasse. Die Einteilung umfasst die Altersklassen 2 bis 14 sowie die Altersklasse 19 und 30. Die Altersklasse 30 beinhaltet abweichend von der Einteilung der übrigen Altersklassen Schädel mit einem „step function“ Alter von mindestens 21 Jahren (siehe Tabelle 2-3).

**Tabelle 2-3:** Zuordnung der untersuchten Schädel nach Altersklassen und Geschlecht

Altersklassen	Intervall	Anzahl ♀	Anzahl ♂	Anzahl Geschlecht unbekannt	Summe
2	1-3			29	29
4	3-5			30	30
6	5-7			30	30
8	7-9	3		39	42
10	9-11	1		22	23
12	11-13	3	3	10	16
14	13-15	5	4		9
19	18-20	7	5		12
30	≥ 21	1	9		10

Das mit Hilfe dieser Methode beschriebene dentale Alter wird im folgenden Text als „step function“ age/ Alter bezeichnet.

## 2.2.3 Schädelvermessung

### 2.2.3.1 Messmethoden

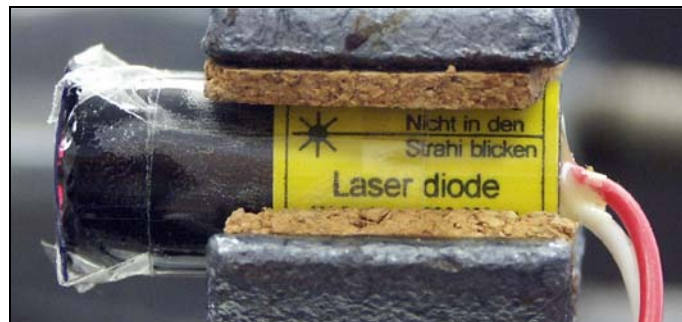
Die Streckenvermessungen am Schädel wurden mit einer elektronischen Schieblehre der Firma Brown & Sharpe (Renens, Schweiz) (siehe Abbildung 2-1) vorgenommen. Die Fehlergrenzen für die Schieblehre betragen nach Herstellerangaben 20 µm auf 100,0 mm und 30 µm über 100,0 mm. Die Daten wurden über Datenkabel digital an den Personal Computer gesandt.



**Abbildung 2-1:** Elektronische Schieblehre der Firma Brown & Sharpe (Renens, Schweiz)

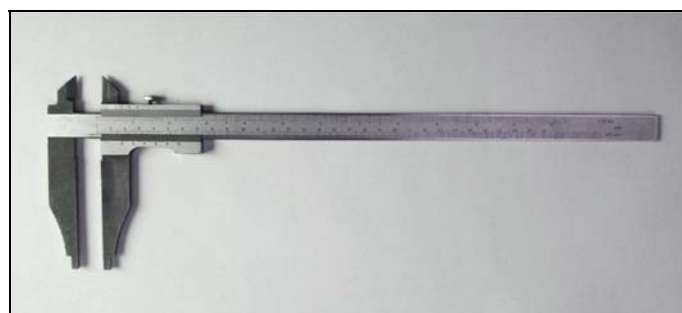
Für die Messungen der apikalen Basis und der skelettalen Basis des Unterkiefers wurde ein 3 Volt Linienlasermodule OLP-503 PL von Conrad Elektronik (Hirschau, Deutsch-

land) (siehe Abbildung 2-2) verwendet. Um die auf die Schädel projizierte Linie auszu-  
dünnen, wurde eine aus schwarzer Röntgenfolie selbst gefertigte Schlitzblende vor dem  
Linienlasermodule angebracht. Die Schädel wurden mit einem Minenbleistift der Stärke  
0,3 mm im Bereich der projizierten Linien markiert. Die Markierungen wurden  
anschließend mit der elektronischen Schieblehre (Firma Brown & Sharpe) vermessen.



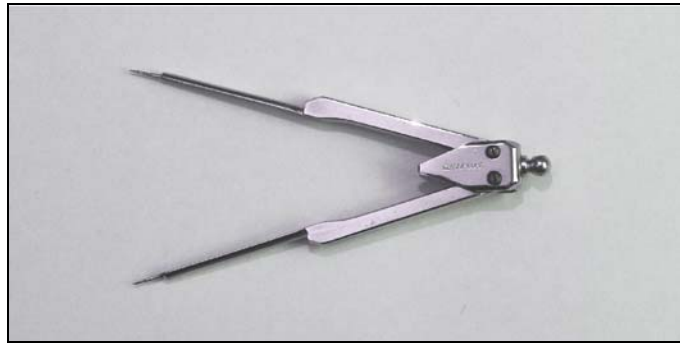
**Abbildung 2-2:** Linienlasermodule OLP-503 PL, Conrad Elektronik (Hirschau, Deutschland)

Die Strecke am Angulus mandibulae ist mit einer mechanischen Schieblehre der Firma  
Mahr GmbH (Esslingen, Deutschland) (siehe Abbildung 2-3) vermessen worden. Die  
Öffnungsbreite der Schenkel der Schieblehre wurde mit der elektronischen Schieblehre  
(Firma Brown & Sharpe) registriert.



**Abbildung 2-3:** Mechanische Schieblehre der Firma Mahr GmbH (Esslingen, Deutschland)

Bei der Messung der apikalen Basis des Oberkiefers wurde ein Korkhauszirkel (siehe Abbildung 2-4) aus dem orthodontischen diagnostischen Besteck nach Prof. Dr. Dr. Korkhaus der Firma SEITZ & HAAG (Gießen, Germany) verwendet.



**Abbildung 2-4:** Korkhauszirkel der Firma SEITZ & HAAG (Gießen, Germany)

#### **2.2.3.2 Messstreckenbezeichnungen/ Variablennamen**

Den in den folgenden Abschnitten 2.2.3.3 und 2.2.3.4 beschriebenen Messstrecken wurden Variablennamen, sowie eine Nummer und eine Abkürzung zugeordnet. Diese sind in den Tabellen Tabelle 3-1 bis Tabelle 10-11 dargestellt. Eine Übersicht zeigt Tabelle 2-4. Diese ist, um die Lesbarkeit zu vereinfachen, am Ende der Arbeit noch einmal in ausklappbarer Form eingefügt.

**Tabelle 2-4:** Erläuterung der in der Tabelle 3-1 bis Tabelle 10-11 vorkommenden Variablen. Die Variablen 0 und 18-22 mit Messwerten wurden von Greiner [2000] übernommen. Die Variable 23 mit Messwerten wurde von Gabrisch, persönliche Mitteilung [2004] übernommen.

Nr.	Variable	Abkürzung	Quelle
0	Step function age	(sfa)	[Greiner 2000]
1	Zahnbreite des Zahnes 12/ 52	(b12/52)	eigene Messung
2	Zahnbreite des Zahnes 11/ 51	(b11/51)	"
3	Zahnbreite des Zahnes 21/ 61	(b21/61)	"
4	Zahnbreite des Zahnes 22/ 62	(b22/62)	"
5	Zahnbreite des Zahnes 32/ 72	(b32/72)	"
6	Zahnbreite des Zahnes 31/ 71	(b31/71)	"
7	Zahnbreite des Zahnes 41/ 81	(b41/81)	"
8	Zahnbreite des Zahnes 42/ 82	(b42/82)	"
9	Dentale Basis des Unterkiefers	(de_ba_uk)	"
9b	Dentale Basis des Unterkiefers bleibende Zähne	(d_b_u_b)	"
9m	Dentale Basis des Unterkiefers Milchzähne	(d_b_u_m)	"
10	Apikale Basis des Unterkiefers	(ap_ba_uk)	"
11	Skelettale Basis des Unterkiefers	(sk_ba_uk)	"
12	Angulus mandibulae	(ang_man)	"
13	Dentale Basis des Oberkiefers	(de_ba_ok)	"
13b	Dentale Basis des Oberkiefers bleibende Zähne	(d_b_o_b)	"
13m	Dentale Basis des Oberkiefers Milchzähne	(d_b_o_m)	"
14	Apikale Basis des Oberkiefers	(ap_ba_ok)	"
15	Skelettale Basis des Oberkiefers	(sk_ba_ok)	"
16	Sutura zygomaticomaxillaris	(su_zy_ma)	"
17	Arcus zygomaticus	(ar_zyg)	"
18	Biauricularbreite	(biauribr)	[Greiner 2000]
19	Bizygomaticumbreite	(bizygbr)	"
20	Transorbitabreite	(transorbr)	"
21	Winkel am Os petrosum rechts	(wipetre)	"
22	Winkel am Os petrosum links	(wipetli)	"
23	Transversaler Intercondylarabstand	(t_condy)	[Gabrisch, pers. Mitteilung 2004]
24	Summe der Inzisivi im Oberkiefer	(SIOK)	eigene Messung
25	Summe der Inzisivi im Unterkiefer	(SIUK)	"

### 2.2.3.3 Messstrecken am Unterkiefer

#### *Zahnbreite (Variablen 5 bis 8)*

Die Strecke der Zahnbreite liegt zwischen der breitesten Stelle der Zahnkrone in mesio-distaler-Ausrichtung der Zähne. Die Strecken an den Zähnen 32, 31, 41 und 42 sind mit der parallel zur Okklusionsebene gehaltenen elektronischen Schieblehre vermessen worden (siehe Abbildung 2-5). Bei angulierten oder rotierten Zähnen ist die Schieblehre von inzisal kommend an die Messpunkte geführt worden.



**Abbildung 2-5:** Messung der Zahnbreite im Unterkiefer

#### *Dentale Basis des Unterkiefers (Variable 9)*

Da der zweite Milchmolar durch den bleibenden zweiten Prämolaren ersetzt wird und diese Position sowohl im Kinder- als auch im Erwachsenenschädel relativ konstant ist, wurden die Messungen der dentalen Basis an den bleibenden zweiten Prämolaren bzw. den zweiten Milchmolaren durchgeführt. Der Messpunkt liegt an der am weitesten bukkal gelegenen Stelle des bukkalen Höckerabhangs dieser Zähne. Die Strecke zwischen den Messpunkten aus dem dritten und vierten Quadranten wurde mit der elektronischen Schieblehre, die parallel zur Okklusionsebene gehalten wird, bestimmt (siehe Abbildung 2-6).

Bei Zähnen, die rotiert oder defekt sind oder sich im Durchbruch befinden, konnte die dentale Basis nicht vermessen werden.

Zusätzlich wurde zwischen Milch- und bleibenden Fünfern differenziert. In der Gruppe der dentalen Basis des Unterkiefers der Milchzähne sind nur Strecken zwischen Milchzähnen und in der Gruppe der dentalen Basis des Unterkiefers der bleibenden

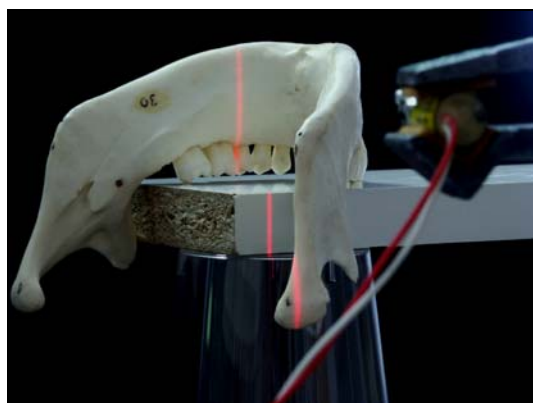
Zähne nur Strecken zwischen den bleibenden Zähnen. Messstrecken, bei denen Milch- und bleibende Zähne vorkommen, wurden nicht diesen Gruppen zugeordnet, um einen direkten Vergleich der Messstrecken untereinander zu ermöglichen.



**Abbildung 2-6:** Messung der dentalen Basis des Unterkiefers

#### *Apikale Basis des Unterkiefers (Variable 10)*

Von der distalen Fläche des bleibenden zweiten Prämolaren bzw. des zweiten Milchmolaren wurde mit dem Linienlasermodule eine Laserlinie von lingual senkrecht zur Okklusionsebene auf den Corpus mandibulae projiziert. Der Schnittpunkt der Laserlinie mit der Linea Mylohyoidea wurde mit einem Minenbleistift markiert (siehe Abbildung 2-7). Die Strecke zwischen den Markierungen des dritten und vierten Quadranten wurde mit der elektronischen Schieblehre gemessen (siehe Abbildung 2-8).



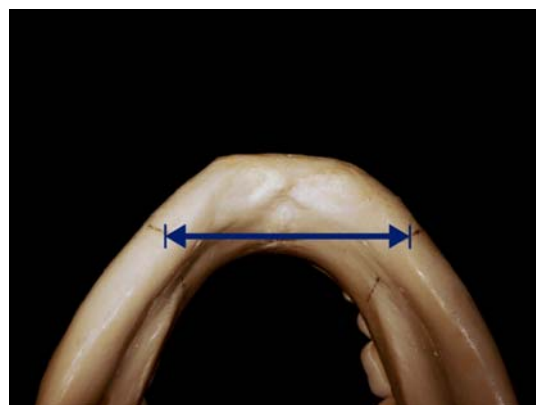
**Abbildung 2-7:** Messpunktbestimmung apikale Basis des Unterkiefers



**Abbildung 2-8:** Messung der apikalen Basis des Unterkiefers

### *Skelettale Basis des Unterkiefers (Variable 11)*

Von der distalen Fläche des bleibenden zweiten Prämolaren bzw. des zweiten Milchmolaren wurde mit dem Linienlasermodule eine Laserlinie von bukkal aus senkrecht zur Okklusionsebene auf den Corpus mandibulae projiziert. Am Unterkieferrand wurde mit einem Minenbleistift die Laserlinie nachgezeichnet. Diese Linie wurde bis zur kaudalsten Stelle des Unterkieferrandes weitergeführt. Dort befindet sich der Messpunkt (siehe Abbildung 2-9). Mit der elektronischen Schieblehre wurde die Strecke zwischen den Messpunkten des dritten und vierten Quadranten gemessen.



**Abbildung 2-9:** Messung der skelettalen Basis des Unterkiefers



### *Angulus mandibulae (Variable 12)*

Der Unterkiefer steht mit seiner Basis auf einer Tischplatte. Von dorsal wurde eine auf der Tischplatte liegende mechanische Schieblehre an die breiteste Stelle in transversaler Richtung am Angulus mandibulae herangeführt (siehe Abbildung 2-10). Es wurde die Strecke vermessen, bei der die Messpunkte lateral am rechten und linken Angulus mandibulae am weitesten voneinander entfernt waren (siehe Abbildung 2-11).



**Abbildung 2-10:** Messpunkt am Angulus mandibulae



**Abbildung 2-11:** Messung am Angulus mandibulae

#### **2.2.3.4 Messstrecken am Mittelgesicht**

Bei diesen Messungen wurden zur besseren Darstellung der Messpunkte die Schädel, mit ihrer Schädelkalotte nach unten zeigend, in eine mit Reis gefüllte und mit einer Textilabdeckung versehene Schale gelegt.

#### *Zahnbreite (Variablen 1 bis 4)*

Die Zahnbreite wurde zwischen der breitesten Stelle der Zahnkronen in mesio-distaler-Ausrichtung an den Zähnen 12, 11, 21 und 22 vermessen. Die Zahnbreiten sind mit der parallel zur Okklusionsebene gehaltenen elektronischen Schieblehre abgenommen worden (siehe Abbildung 2-12). Bei angulierten oder rotierten Zähnen ist die Schieblehre von inzisal kommend an die Messpunkte geführt worden.



**Abbildung 2-12:** Messung der Zahnbreite im Oberkiefer

#### *Dentale Basis des Oberkiefers (Variable 13)*

Die Messung der dentalen Basis des Oberkiefers wurde an den bleibenden zweiten Prämolaren bzw. den zweiten Milchmolaren vorgenommen. Diese Position bleibt sowohl im Kinder- als auch im Erwachsenenschädel relativ konstant, weil der zweite Milchmolar durch den bleibenden zweiten Prämolaren ersetzt wird. Der Messpunkt liegt an der am weitesten bukkal gelegenen Stelle des bukkalen Höckerabhangs des bleibenden zweiten Prämolaren bzw. den zweiten Milchmolaren. Die Strecke zwischen den Messpunkten aus dem dritten und vierten Quadranten wurde mit der elektronischen Schieblehre, die parallel zur Okklusionsebene gehalten worden ist, vermessen (siehe Abbildung 2-13).

Bei Zähnen, die rotiert, defekt oder im Durchbruch sind, konnte wie im Unterkiefer die dentale Basis nicht vermessen werden. Zusätzlich wurde auch hier zwischen Milch- und bleibenden Fünfern differenziert. In der Gruppe der dentalen Basis des Oberkiefers der Milchzähne sind nur Strecken zwischen Milchzähnen und in der Gruppe der dentalen Basis des Oberkiefers der bleibenden Zähne nur Strecken zwischen den bleibenden Zähnen. Messstrecken, bei denen Milch- und bleibende Zähne vorkommen, wurden

nicht diesen Gruppen zugeordnet, um einen direkten Vergleich der Messstrecken untereinander zu ermöglichen.



**Abbildung 2-13:** Messung der dentalen Basis des Oberkiefers

#### *Apikale Basis des Oberkiefers (Variable 14)*

Der Messpunkt der apikalen Basis des Oberkiefers befindet sich an der Stelle, an welcher der Processus alveolaris maxillae auf den Processus palatinus maxillae trifft, in sagittaler Richtung auf Höhe der distalen Fläche des bleibenden zweiten Prämolaren bzw. des zweiten Milchmolaren. Mit einem Korkhauszirkel wurde die Strecke zwischen dem rechten und linken Messpunkt registriert (siehe Abbildung 2-14). Der Abstand der Korkhaus-Zirkelspitzen wurde mit der elektronischen Schieblehre vermessen.



**Abbildung 2-14:** Messung der apikalen Basis des Oberkiefers

### *Skelettale Basis des Oberkiefers (Variable 15)*

Gemessen wurde die skelettale Basis des Oberkiefers an der größten transversalen Breite des Oberkiefers in Höhe des kranialsten Punktes des Processus alveolaris maxillae (siehe Abbildung 2-15). Zur Messung der Strecke wurde die elektronische Schieblehre parallel zur Okklusionsebene gehalten und von frontal an den rechten und linken Messpunkt herangeführt. Die Schenkel der Schieblehre standen dabei senkrecht zur Frontalebene (siehe Abbildung 2-16).



**Abbildung 2-15:** Messpunkt der skelettalen Basis des Oberkiefers



**Abbildung 2-16:** Messung der skelettalen Basis des Oberkiefers

*Sutura zygomaticomaxillaris (Variable 16)*

Gemessen wurde die Strecke der Sutura zygomaticomaxillaris zwischen den kaudalsten Stellen der Sutura zygomaticomaxillaris rechts und links (siehe Abbildung 2-17). Zur Messung wurde die elektronische Schieblehre verwendet (siehe Abbildung 2-18).



**Abbildung 2-17:** Messpunkt an der Sutura zygomaticomaxillaris



**Abbildung 2-18:** Messung an der Sutura zygomaticomaxillaris

### *Arcus zygomaticus (Variable 17)*

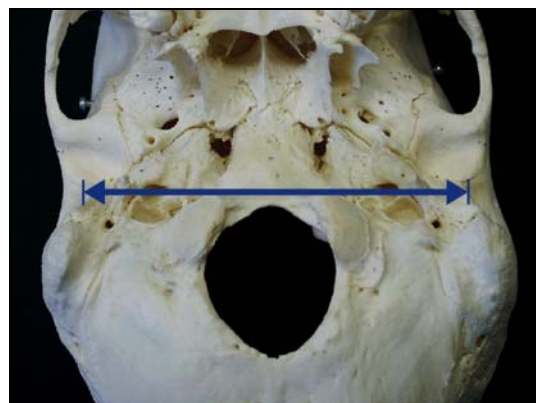
Die Strecke Arcus zygomaticus wurde als größte transversale Strecke, die parallel zur Frontalebene und senkrecht zur Sagittalebene verläuft, am Arcus zygomaticus gemessen. Die mechanische Schieblehre wurde an den rechten und linken Arcus zygomaticus, parallel zur Transversalebene und senkrecht zur Sagittalebene, herangeführt (siehe Abbildung 2-19). Die Öffnung der Branchen der mechanischen Schieblehre wurde mit der elektronischen Schieblehre registriert.



**Abbildung 2-19:** Messung der Schädelbreite am Arcus zygomaticus

### *Biauricularbreite (Variable 18)*

Die Biauricularbreite ist durch das Vermessen der Strecke zwischen dem Porus acusticus externus der rechten und linken Seite, am Processus retroarticularis mittig bei basaler Ansicht, ermittelt worden [Greiner 2000] (siehe Abbildung 2-20).



**Abbildung 2-20:** Messung der Biauricularbreite

### *Bizygomaticumbreite (Variable 19)*

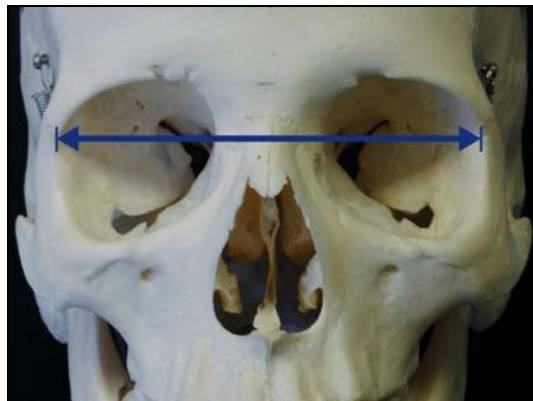
Die Bizygomaticumbreite ist bei basaler Ansicht zwischen dem Os zygomaticum der rechten und linken Seite an der tiefsten Einziehung des Os zygomaticum am Übergang zum Os temporale vermessen worden [Greiner 2000] (siehe Abbildung 2-21).



**Abbildung 2-21:** Messung der Bizygomaticumbreite

### *Transorbitabreite (Variable 20)*

Die Transorbitabreite ist bei frontaler Ansicht zwischen dem lateralen Orbitalrand der rechten und linken Orbita, in Höhe der Sutura zygomatico frontalis, vermessen worden [Greiner 2000] (siehe Abbildung 2-22).

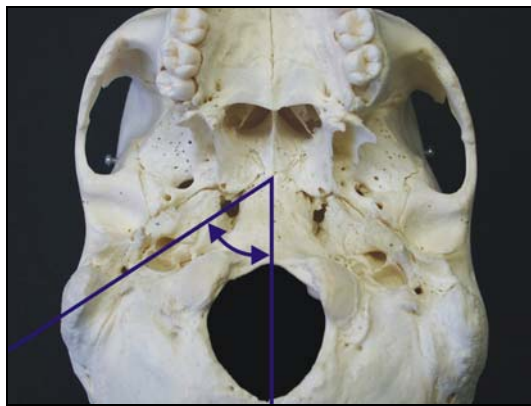


**Abbildung 2-22:** Messung der Transorbitabreite

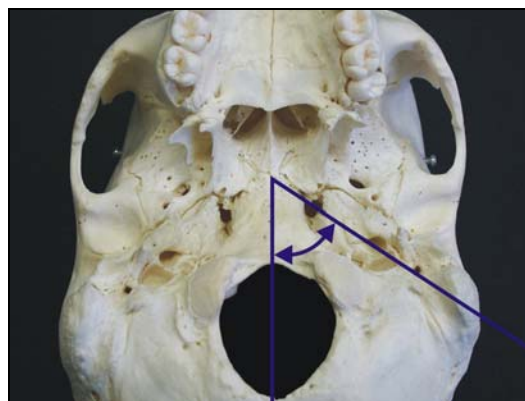


### *Winkelmessungen am Os petrosum (Variablen 21 u. 22)*

Die Winkel am Os petrosum rechts und links in basaler Ansicht ergeben sich jeweils am Schnittpunkt zweier Referenzlinien. Die Verbindungslinie aus Basion und Foramen incisivum und die Linie, die durch den Mittelpunkt des Canalis caroticus geführt wird und mittig der beiden Fissuren petrooccipitalis und sphenopetrosa auf der rechten und linken Seite liegt, ergeben einen nach dorsal offenen spitzen Winkel, der für die rechte (siehe Abbildung 2-23) und linke (siehe Abbildung 2-24) Seite getrennt gemessen worden ist [Greiner 2000].



**Abbildung 2-23:** Messung des Winkels am Os petrosum rechts

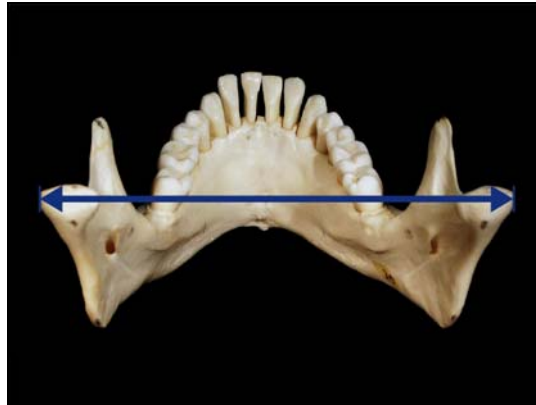


**Abbildung 2-24:** Messung des Winkels am Os petrosum links



### *Transversaler Intercondylarabstand (Variable 23)*

Beim transversalen Intercondylarabstand wurde der maximale transversale Abstand der lateralen Punkte der Processi condylari senkrecht zur Median-Sagittalebene und parallel zur Tischebene vermessen [Gabrisch 2004] (siehe Abbildung 2-25).



**Abbildung 2-25:** Messung des Intercondylarabstandes

### *Summe der Inzisivi im Ober- und Unterkiefer (Variablen 24 u. 25)*

Es wurde für die bleibenden Oberkieferschneidezähne die Summe der Zahnbreiten 12, 11, 21, 22 und für die bleibenden Unterkieferschneidezähne die Summe der Zahnbreiten 32, 31, 41 und 42 gebildet.

Beim Fehlen eines mittleren oder seitlichen Schneidezahnes wurde die Zahnbreite des gegenüberliegenden mittleren bzw. seitlichen Schneidezahnes für die des fehlenden Zahnes angenommen. Folglich konnte nur beim Fehlen beider mittlerer oder beider seitlicher Schneidezähne die Summe der Zahnbreiten nicht bestimmt werden.

## **2.2.4 Statistische Methoden**

Alle Messdaten wurden mit dem Statistikprogramm SPSS Version 12.0 (SPSS Inc., Chicago) analysiert. Von jeder Messstrecke wurde in allen Altersklassen der Mittelwert bestimmt. Messwerte, die über- beziehungsweise unterhalb der dreifachen Standardabweichung vom Mittelwert lagen, wurden nicht in die Analysen miteinbezogen.

#### 2.2.4.1 Methodenfehler nach Dahlberg

Zur Analyse des Methodenfehlers bzw. der Standarddeviation nach Dahlberg [1940] wurden 25 Schädel einer Zweitmessung unterzogen. Aus jeder Altersklasse wurden die Schädel willkürlich ausgewählt. Der Methodenfehler nach Dahlberg [1940] beschreibt das Ausmaß der Schwankungsbreite der beiden Messwerte, bezogen auf den eigentlichen Betrag der Messstrecke. Fehler, die während des Messvorganges durch den Untersucher oder bei der Identifizierung der Messpunkte auftreten, werden durch ihn quantitativ erfasst [Lochmann 1999].

$$MF = \sqrt{\frac{\sum d^2}{2n}}$$

$MF$  = Methodenfehler

$d$  = Differenz der Messwerte

$n$  = Anzahl der Zweitmessungen

#### 2.2.4.2 Erstellung von Mittelwerten

Der Mittelwert ist das arithmetische Mittel der Messwerte und berechnet sich aus der Summe der Messwerte geteilt durch ihre Anzahl [Bühl und Zöfel 2000].

In jeder Altersklasse wurde der Mittelwert von allen Messstrecken bestimmt.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$x_i$  = Messwerte der Variable

$n$  = Anzahl der Messwerte

#### 2.2.4.3 Ermittlung der Standardabweichung

Die Standardabweichung der Einzelmessung ist ein Maß für die Streuung der Messwerte; sie ist die Quadratwurzel aus der Varianz. Trägt man die Standardabweichung zu

beiden Seiten des Mittelwertes auf, so liegen bei normal verteilten Werten ca. 67 % der Werte in diesem Intervall [Bühl und Zöfel 2000].

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$s$  = Standardabweichung

$x_i$  = Messwerte der Variable

$\bar{x}$  = Mittelwert der Variable

$n$  = Anzahl der Messwerte

#### **2.2.4.4 Kolmogorov-Smirnov-Test**

Mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test lässt sich die Verteilung einer Stichprobe auf Normalverteilung überprüfen [Bühl und Zöfel 2000]. Eine signifikante Abweichung von der Normalverteilung wurde für eine Irrtumswahrscheinlichkeit von  $p < 0,05$  angenommen [Bühl und Zöfel 2000].

#### **2.2.4.5 t-Test bei zwei unabhängigen Stichproben**

Der t-Test vergleicht zwei unabhängige Stichproben hinsichtlich ihrer Mittelwerte. Geprüft wird, ob auftretende Mittelwertunterschiede in den Stichproben sich mit zufälligen Schwankungen erklären lassen. Ist das nicht der Fall, spricht man von einem signifikanten Unterschied zwischen den beiden Stichproben, der mit Hilfe der Irrtumswahrscheinlichkeit  $p$  angegeben wird. Hierbei wird für  $p < 0,05$  ein signifikanter Mittelwertunterschied angenommen. Voraussetzungen zur Durchführung des t-Testes sind normalverteilte Stichproben und intervallskalierte Variablen [Bühl und Zöfel 2000].

Parallel dazu wurde der Levene-Test auf Varianzhomogenität durchgeführt. Dieser liefert als Ergebnis das Signifikanzniveau (Irrtumswahrscheinlichkeit)  $p$ . Findet man für  $p$  einen Wert  $p > 0,05$ , liegt kein signifikanter Unterschied bezüglich der Varianz vor, man spricht von Varianzhomogenität [Bühl und Zöfel 2000]. Das Programm SPSS 12.0 erzeugt zwei verschiedene t-Tests. Der erste t-Test erfolgt für den Fall, dass die Varianzen der untersuchten Variablen in beiden Gruppen homogen sind. Der zweite t-Test erfolgt, wenn die Varianzen inhomogen sind. Falls die Varianzen in den Gruppen

homogen sind, kann man die Mittelwerte sinnvoll miteinander vergleichen. Bei unterschiedlichen Varianzen werden für den „korrigierten“ t-Test strengere Kriterien festgelegt.

#### **2.2.4.6 Erstellung von Streudiagrammen**

Streudiagramme werden zur graphischen Darstellung zwischen zwei mindestens intervallskalierten Variablen erstellt [Bühl und Zöfel 2000].

Die Strecken wurden auf der Ordinate (y-Achse) zu dem „step function“ Alter auf der Abszisse (x-Achse) dargestellt.

#### **2.2.4.7 Faktorenanalyse**

Die Faktorenanalyse dient dazu, eine größere Anzahl von Variablen anhand der gegebenen Fälle auf eine kleinere Anzahl unabhängiger Einflussgrößen, Faktoren genannt, zu reduzieren. Die Variablen, die untereinander stark korrelieren, werden zu einem Faktor zusammengefasst. Variablen verschiedener Faktoren korrelieren untereinander gering. Ziel der Analyse ist es, Faktoren zu ermitteln, die Zusammenhänge der vorliegenden Variablen möglichst vollständig erklären [Bühl und Zöfel 2000].

#### **2.2.4.8 Korrelationsanalyse nach Pearson**

Bei Korrelationsanalysen wird der Zusammenhang zwischen zwei Wertepaaren errechnet. Voraussetzung dafür ist, dass die Wertepaare intervallskaliert und hinreichend symmetrisch um ihr arithmetisches Mittel verteilt sind.

Es wurde der Korrelationskoeffizient nach Pearson benutzt, für den folgende Formel gilt:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{(n-1)s_x s_y}$$

$x_i, y_i$  = Werte der beiden Variablen

$\bar{x}, \bar{y}$  = Mittelwerte der beiden Variablen

$s_x, s_y$  = Standardabweichung der beiden Variablen

$n$  = Anzahl der Wertepaare

Der Korrelationskoeffizient wird mit einem „ $r$ “ symbolisiert und kann Werte zwischen +1 und -1 annehmen. Der Wert  $r = +1$  spiegelt einen positiven, der Wert  $r = -1$  einen negativen perfekten Zusammenhang wider. Der Wert null sagt aus, dass kein Zusammenhang zwischen dem Wertepaar besteht. Zur Beschreibung der Größe des Betrags des Korrelationskoeffizienten sind laut Bühl und Zöfel [2000] folgende Abstufungen üblich:

**Tabelle 2-5:** Abstufungen der Korrelationskoeffizienten nach Bühl und Zöfel [2000]

Wert	Interpretation
bis 0,2	sehr geringe Korrelation
bis 0,5	geringe Korrelation
bis 0,7	mittlere Korrelation
bis 0,9	hohe Korrelation
über 0,9	sehr hohe Korrelation

#### 2.2.4.9 Partielle Korrelation

Bei der partiellen Korrelation wird mit paarweise berechneten Pearson-Korrelationskoeffizienten zwischen zwei Variablen mit 1 und 2 und einer Störvariablen mit 3 indiziert der partielle Korrelationskoeffizient berechnet.

Der partielle Korrelationskoeffizient beschreibt den Zusammenhang zwischen zwei Variablen unter Ausschluss einer Störvariablen.

Die partielle Korrelation wird nach folgender Formel berechnet:

$$r_{12.3} = \frac{r_{12} - r_{13} \cdot r_{23}}{\sqrt{(1 - r_{13}^2) \cdot (1 - r_{23}^2)}}$$

$r_{12}$  = (Pearson-)Korrelationskoeffizienten für die Variablen 1 und 2

$r_{13}$  = (Pearson-)Korrelationskoeffizienten für die Variable 1 und Störvariable 3

$r_{23}$  = (Pearson-)Korrelationskoeffizienten für die Variable 2 und Störvariable 3

$r_{12.3}$  = partieller Korrelationskoeffizient für die Variablen 1 und 2 mit der Störvariable 3

Zur Beschreibung der Größe des Betrags des Korrelationskoeffizienten sind die in Tabelle 2-5 beschriebenen Abstufungen verwendet worden.

#### **2.2.4.10 Erstellung von Histogrammen**

Histogramme stellen die Verteilung von intervallskalierten Variablen dar. Es werden dabei die Werte in Intervalle eingeteilt, die Intervallhäufigkeit ausgezählt und dann in Form zusammenhängender Balken dargestellt. Zusätzlich werden die Standardabweichung, der Mittelwert und die zugrunde liegende Anzahl der Fälle dargestellt [Bühl und Zöfel 2000].

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Methodenfehler nach Dahlberg

In der folgenden Tabelle 3-1 ist die Anzahl der Zweitmessungen (n) und der Methodenfehler nach Dahlberg [1940] (MF) für alle gemessenen Strecken angegeben.

**Tabelle 3-1:** Methodenfehler nach Dahlberg [1940]. Variablennummer (Nr.), Variablenabkürzung (Strecken), Anzahl (n), Methodenfehler (MF)

Nr.	Strecken	n	MF	
1	b12	25	0,07 mm	
2	b11	25	0,10 mm	
3	b21	25	0,05 mm	
4	b22	25	0,04 mm	
5	b32	25	0,08 mm	
6	b31	25	0,09 mm	
7	b41	25	0,06 mm	
8	b42	25	0,03 mm	
9	de_ba_uk	25	0,10 mm	
10	ap_ba_uk	25	0,41 mm	
11	sk_ba_uk	25	0,45 mm	
12	Ang_man	25	0,15 mm	
13	de_ba_ok	25	0,27 mm	
14	ap_ba_ok	25	0,51 mm	
15	sk_ba_ok	25	0,48 mm	
16	su_zy_ma	25	0,24 mm	
17	ar_zyg	25	0,11 mm	
18	biauribr	29	0,31 mm	[Greiner 2000]
19	bizygbr	29	0,07 mm	"
20	transorbr	29	0,35 mm	"
21	wipetre	29	0,69 Grad	"
22	wipetli	29	0,62 Grad	"
23	tcondy	31	0,11 mm	[Gabrisch 2004]

### **3.2 Grobe Beschreibung der Änderung der untersuchten Strecken mit dem Alter**

In der folgenden Tabelle 3-2 sind die Mittelwerte für die Altersklasse 2 und 19 ebenso wie die dazugehörigen Standardabweichungen angegeben. Abweichend hiervon wurden bei den Zahnbreiten, der dentalen Basis im Ober- und Unterkiefer, SIOK und SIUK, nur Mittelwerte für die Altersklassen berechnet, bei denen eine gültige Fallzahl von mindestens  $n=5$  vorliegt. Folglich wurden für die Milchzähne Mittelwerte für die Altersklasse 2 und 6 und für die bleibenden Zähne Mittelwerte für die Altersklasse 6 bzw. 8 und 19 berechnet. Bei der dentalen Basis der Milchzähne im Oberkiefer wurden Mittelwerte für die Altersklasse 2 und 12, im Unterkiefer für die Altersklasse 2 und 10 und bei der dentalen Basis der bleibenden Zähne sowohl im Oberkiefer als auch im Unterkiefer Mittelwerte für die Altersklasse 12 und 19 berechnet. Für SIOK und SIUK wurden Mittelwerte der Altersklasse 8 und 19 ausgerechnet. Die Mittelwertänderung ergibt sich aus der Differenz der Mittelwerte MW2 und MW1.

Das Ergebnis des Kolmogorov-Smirnov Tests zeigt, dass in allen Altersklassen für jede Variable eine Normalverteilung vorliegt (siehe Tabelle 10-1 im Anhang) und somit der t-Test zur Überprüfung auf Signifikanz der Mittelwertänderung durchgeführt werden kann. Das Ergebnis wird mit der Irrtumswahrscheinlichkeit  $p$  angegeben. Die signifikanten Mittelwertänderungen sind durch Fettdruck hervorgehoben (siehe Tabelle 3-2).



**Tabelle 3-2:** Änderung der untersuchten Strecken mit dem Alter. Fallzahl (n), Altersklasse (Ak), Mittelwert 1 (MW1), Mittelwert 2 (MW2), Standardabweichung (SD), Differenz der Mittelwerte MW2 und MW1 (MW Differenz), t-Test Irrtumswahrscheinlichkeit (p)

Nr.	Variable	n	Ak	MW1 (mm)	SD	n	Ak	MW2 (mm)	SD	MW Differenz	p
1	b 12	27	8	6,83	0,59	12	19	6,39	0,82	-0,44 mm	0,06
	b 52	16	2	5,30	0,23	26	6	5,33	0,45	0,03 mm	0,73
2	b11	33	8	8,54	0,54	12	19	8,16	0,5	-0,38 mm	<b>0,04</b>
	b 51	16	2	6,62	0,29	20	6	6,49	0,48	-0,13 mm	0,35
3	b 21	5	6	8,68	0,78	10	19	8,14	0,49	-0,54 mm	0,12
	b 61	17	2	6,58	0,24	20	6	6,52	0,4	-0,06 mm	0,54
4	b 22	27	8	6,8	0,6	12	19	6,41	0,68	-0,39 mm	0,08
	b 62	16	2	5,18	0,29	25	6	5,14	0,39	-0,04 mm	0,69
5	b 32	24	8	6,02	0,51	10	19	5,67	0,35	-0,35 mm	0,06
	b 72	26	2	4,66	0,24	24	6	4,62	0,37	-0,04 mm	0,64
6	b 31	16	6	5,49	0,39	11	19	5,22	0,36	-0,27 mm	0,09
	b 71	26	2	4,13	0,25	9	6	4,25	0,29	0,12 mm	0,25
7	b 41	15	6	5,54	0,35	10	19	5,18	0,59	-0,36 mm	0,07
	b 81	28	2	4,12	0,22	9	6	4,22	0,31	0,1 mm	0,31
8	b 42	25	8	6,07	0,54	11	19	5,68	0,36	-0,39 mm	<b>0,04</b>
	b 82	26	2	4,68	0,27	25	6	4,66	0,37	-0,02 mm	0,81
9b	d_b_u_b	5	12	43,52	2,19	10	19	42,78	3,36	-0,74 mm	0,67
9m	d_b_u_m	18	2	42,83	1,5	15	10	44,16	2,33	1,33 mm	0,06
10	ap_ba_uk	21	2	30,24	1,17	11	19	29,89	3,35	-0,35 mm	0,74
11	sk_ba_uk	21	2	42,99	2,16	11	19	39,68	4,65	-3,31 mm	<b>0,04</b>
12	ang_man	28	2	64,41	3,48	11	19	85,3	6,02	20,89 mm	<b>&lt;0,01</b>
13b	d_b_o_b	5	12	48,12	2,73	10	19	49,24	2,76	1,12 mm	0,47
13m	d_b_o_m	12	2	45,82	1,32	7	12	50,78	1,35	4,96 mm	<b>&lt;0,01</b>
14	ap_ba_ok	16	2	25,27	1,22	12	19	28,14	2,08	2,87 mm	<b>&lt;0,01</b>
15	sk_ba_ok	17	2	48,24	1,62	12	19	60,75	3,31	12,51 mm	<b>&lt;0,01</b>
16	su_zy_ma	18	2	67,75	2,68	12	19	92,29	4,64	24,54 mm	<b>&lt;0,01</b>
17	ar_zyg	20	2	87,79	2,35	12	19	116,93	5,17	29,14 mm	<b>&lt;0,01</b>
18	biauribr	17	2	70,26	3,27	12	19	94,71	6,78	24,45 mm	<b>&lt;0,01</b>
19	bizygbr	17	2	85,83	2,16	12	19	109,79	5,96	23,96 mm	<b>&lt;0,01</b>
20	transorbr	17	2	74,48	2,23	12	19	88,95	4,24	14,47 mm	<b>&lt;0,01</b>
21	wipetre	17	2	56,79	2,35	12	19	53,92	2,3	-2,87 °	<b>&lt;0,01</b>
22	wipetli	17	2	57,15	2,3	12	19	54,29	2,92	-2,86 °	<b>0,01</b>
23	tcondy	29	2	78,82	3,71	11	19	104,22	6,05	25,4 mm	<b>&lt;0,01</b>
24	SIOK	28	8	30,55	2,18	12	19	29	2,4	-1,55 mm	0,05
25	SIUK	25	8	22,87	1,79	11	19	21,79	1,39	-1,08 mm	0,09

### **3.3 Darstellung der Änderungen der Messstrecken in Abhängigkeit vom Alter in Form von Streudiagrammen**

Die Einteilung der Streudiagramme auf der Abszisse reicht vom „step function“ age 0 bis 25, wobei die Messergebnisse der Altersklassen 2 bis 19 dargestellt werden. In diesen Altersklassen wird eine ausgeglichene Geschlechtsverteilung angenommen. Die Altersklasse 30 wird nicht dargestellt, da hier eine sehr unausgewogene Geschlechtsverteilung von neun männlichen und nur einem weiblichen Schädel vorlag (siehe Tabelle 2-3). Dadurch soll sichergestellt werden, dass nicht hauptsächlich männliche Wachstumsmuster in dieser Altersklasse den Verlauf des Graphen im Streudiagramm beeinträchtigen.

In den Streudiagrammen werden die Messstrecken auf der Ordinate gegen das „step function“ age auf der Abszisse aufgetragen.

Auf der Abszisse ist bei allen Streudiagrammen eine lineare Einteilung mit gleicher Unterteilung verwendet worden. Auch auf der Ordinate ist bei allen Streudiagrammen eine lineare Einteilung gewählt worden, wobei bei den Zahnbreiten aufgrund der erheblich kleineren Dimension der Messwerte eine andere Unterteilung verwendet wurde.

Für die Anpassungslinie wird die Anpassungsmethode in SPSS Version 12.0 nach Loess (SPSS Inc., Chicago) verwendet, wobei 80 % der Punkte für die Anpassung und Epanechnikov als Kernel verwendet wurde.

### 3.3.1 Zahnbreite 12 und 52

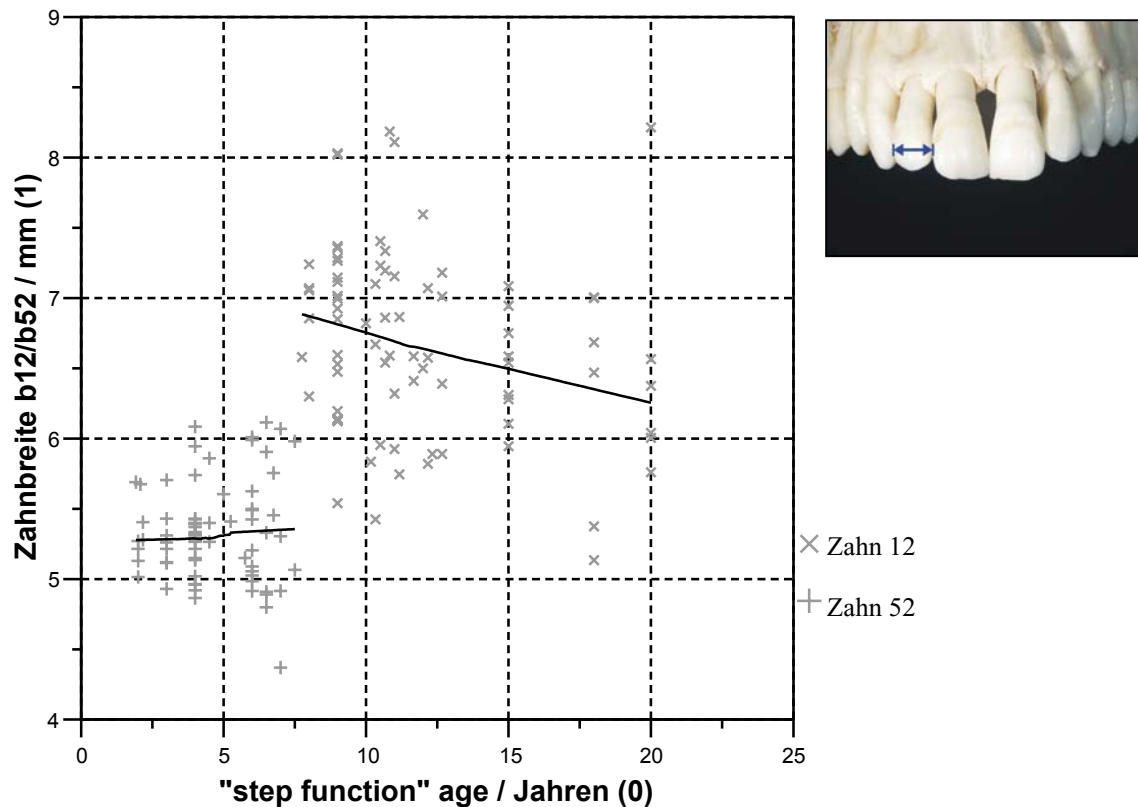


Abbildung 3-1: Zahnbreite 12 und 52 gegen "step function" age aufgetragen

Der Graph für die Breite des Milchzahnes 52 verläuft von 1,9 bis 7,5 Jahren und ist annähernd konstant. Von der Altersklasse 2 bis 6 ist eine leichte Zunahme von weniger als 0,1 mm berechnet worden, wobei dieser Wert nicht signifikant ist (siehe Tabelle 3-2).

Der Sprung in dem Graphen im Alter von ungefähr 8 Jahren repräsentiert den Breitenunterschied zwischen Milchzähnen und bleibenden Zähnen.

Der Graph für die Breite des bleibenden Zahnes 12 fällt von 7,8 bis 20 Jahren kontinuierlich ab. Von der Altersklasse 8 bis 19 beträgt die Abnahme 0,4 mm, wobei dieser Wert nicht signifikant ist (siehe Tabelle 3-2).

### 3.3.2 Zahnbreite 11 und 51

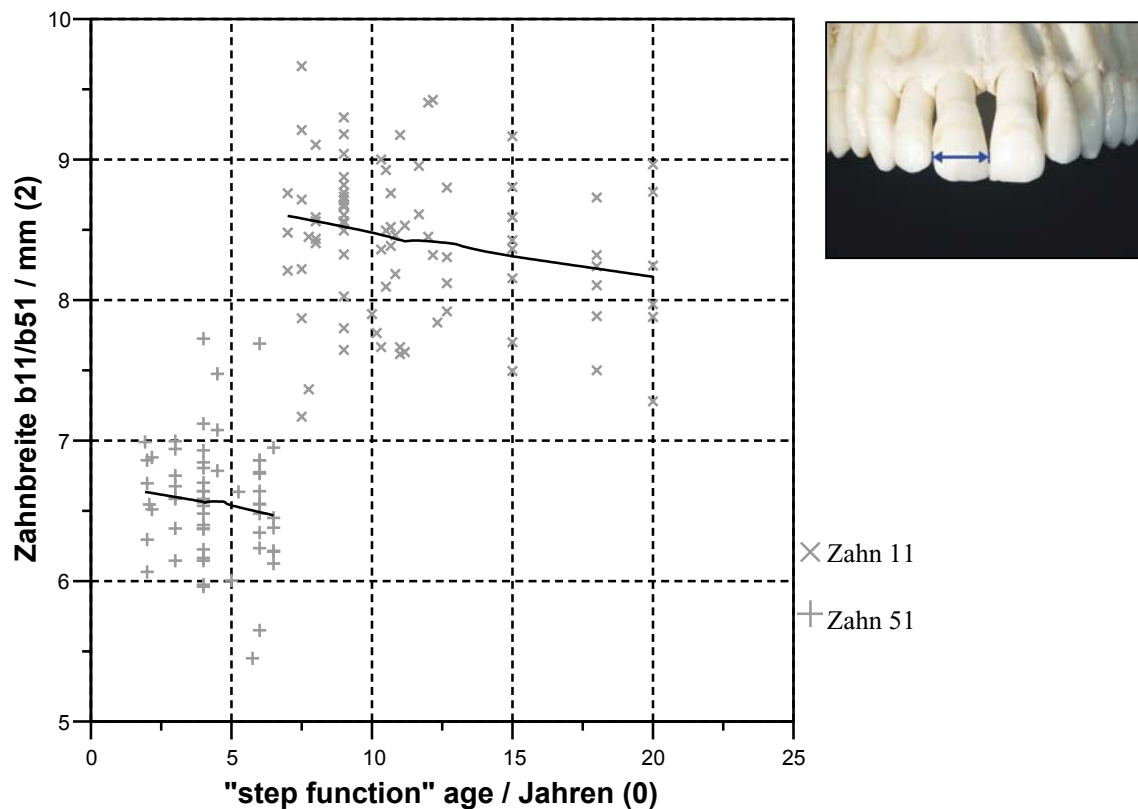


Abbildung 3-2: Zahnbreite 11 und 51 gegen „step function“ age aufgetragen

Der Graph für die Breite des Milchzahnes 51 verläuft von 1,9 bis 6,5 Jahren und fällt gleichmäßig ab. Von der Altersklasse 2 bis 6 beträgt die Abnahme 0,1 mm, wobei dieser Wert nicht signifikant ist (siehe Tabelle 3-2).

Der Sprung in dem Graphen im Alter von ungefähr 8 Jahren repräsentiert den Breitenunterschied zwischen Milchzähnen und bleibenden Zähnen.

Der Graph für die Breite des bleibenden Zahnes 11 verläuft von 7 bis 20 Jahren und fällt kontinuierlich ab. Von der Altersklasse 8 bis 19 beträgt die Abnahme 0,4 mm (siehe Tabelle 3-2).

### 3.3.3 Zahnbreite 21 und 61

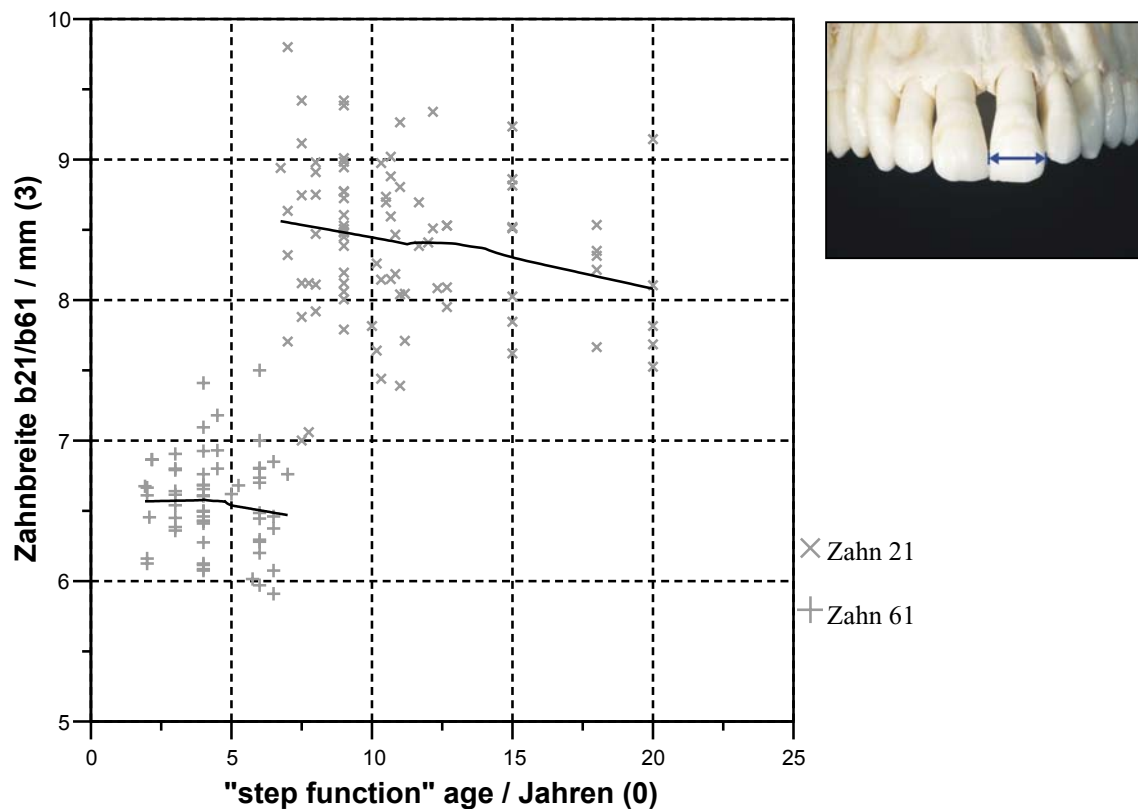


Abbildung 3-3: Zahnbreite 21 und 61 gegen „step function“ age aufgetragen

Der Graph für die Breite des Milchzahnes 61 verläuft von 1,9 bis 7 Jahren und fällt von der Altersklasse 2 bis 6 um 0,1 mm ab, wobei dieser Wert nicht signifikant ist (siehe Tabelle 3-2).

Der Sprung in dem Graphen im Alter von ungefähr 8 Jahren repräsentiert den Breitenunterschied zwischen Milchzähnen und bleibenden Zähnen.

Der Graph für die Breite des bleibenden Zahnes 21 lässt sich in zwei Abschnitte einteilen. Der erste geht von 6,8 bis 13 Jahren, der zweite von 13 bis 20 Jahren. Im ersten Abschnitt fällt der Graph etwas weniger ab als im zweiten Abschnitt. Von der Altersklasse 6 bis 19 beträgt die Abnahme 0,5 mm, wobei dieser Wert nicht signifikant ist (siehe Tabelle 3-2).

### 3.3.4 Zahnbreite 22 und 62

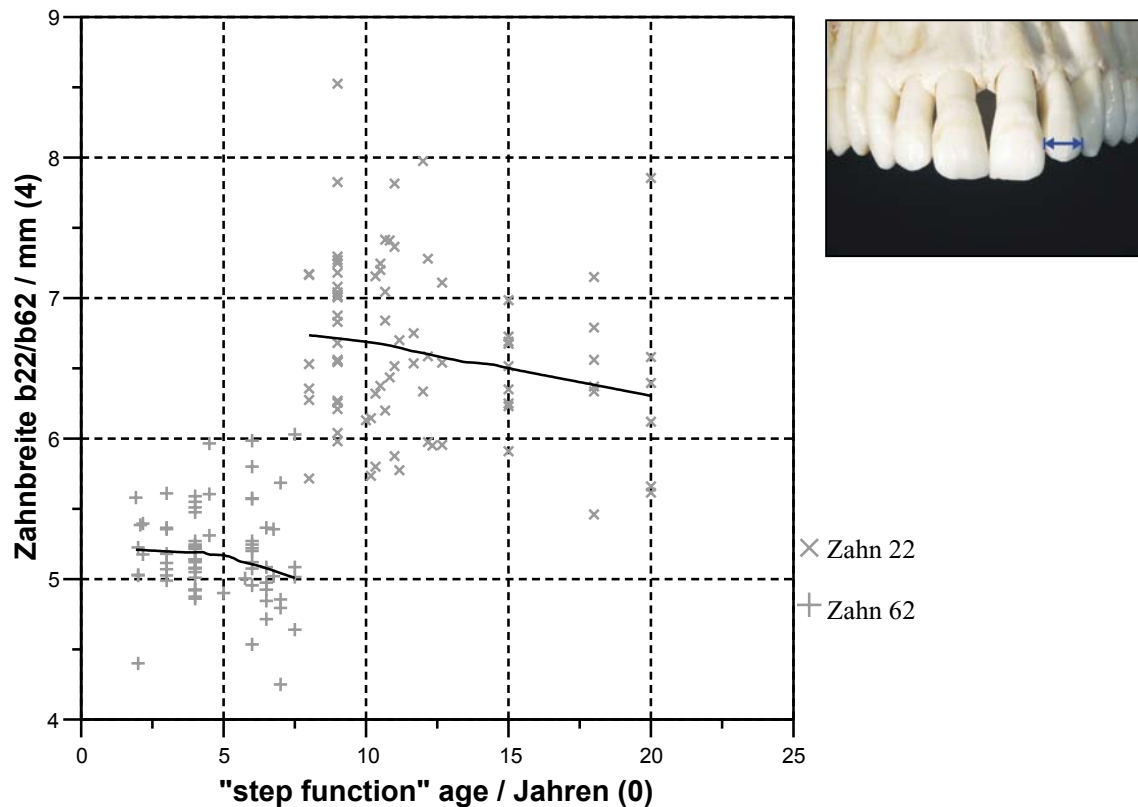


Abbildung 3-4: Zahnbreite 22 und 62 gegen „step function“ age aufgetragen

Der Graph für die Breite des Milchzahnes 62 lässt sich in zwei Abschnitte einteilen. Der erste reicht von 1,9 bis 6 Jahren, der zweite von 6 bis 7,5 Jahren. Im ersten Abschnitt fällt die Kurve nur sehr leicht, im zweiten Abschnitt etwas deutlicher ab. Von der Altersklasse 2 bis 6 beträgt die Abnahme weniger als 0,1 mm, wobei dieser Wert nicht signifikant ist (siehe Tabelle 3-2).

Der Sprung in dem Graphen im Alter von ungefähr 8 Jahren repräsentiert den Breitenunterschied zwischen Milchzähnen und bleibenden Zähnen.

Der Graph für die Breite des bleibenden Zahnes 22 verläuft von 8 bis 20 Jahren und fällt kontinuierlich ab. Von der Altersklasse 8 bis 19 beträgt die Abnahme 0,4 mm, wobei dieser Wert nicht signifikant ist (siehe Tabelle 3-2).

### 3.3.5 Zahnbreite 32 und 72

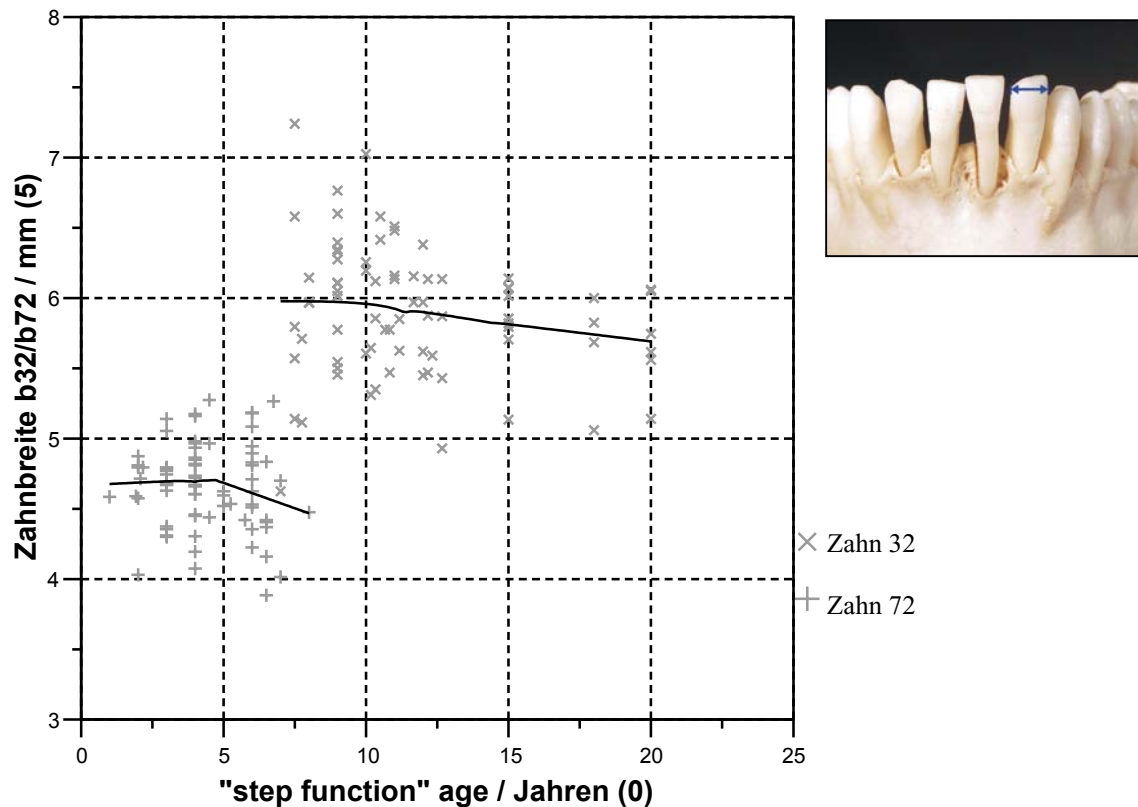


Abbildung 3-5: Zahnbreite 32 und 72 gegen „step function“ age aufgetragen

Der Graph für die Breite des Milchzahnes 72 lässt sich in zwei Abschnitte einteilen. Der erste reicht von 1 bis 4 Jahren, der zweite von 4 bis 8 Jahren. Im ersten Abschnitt verläuft der Graph relativ konstant, im zweiten Abschnitt fällt er ab. Von der Altersklasse 2 bis 6 beträgt die Abnahme weniger als 0,1 mm, wobei dieser Wert nicht signifikant ist (siehe Tabelle 3-2).

Der Sprung in dem Graphen im Alter von ungefähr 8 Jahren repräsentiert den Breitenunterschied zwischen Milchzähnen und bleibenden Zähnen.

Der Graph für die Breite des bleibenden Zahnes 32 lässt sich in zwei Abschnitte einteilen. Der erste reicht von 7 bis 10 Jahren, der zweite von 10 bis 20 Jahren. Im ersten Abschnitt verläuft der Graph relativ konstant, im zweiten fällt er kontinuierlich ab. Von der Altersklasse 8 bis 19 beträgt die Abnahme 0,4 mm, wobei dieser Wert nicht signifikant ist (siehe Tabelle 3-2).

### 3.3.6 Zahnbreite 31 und 71

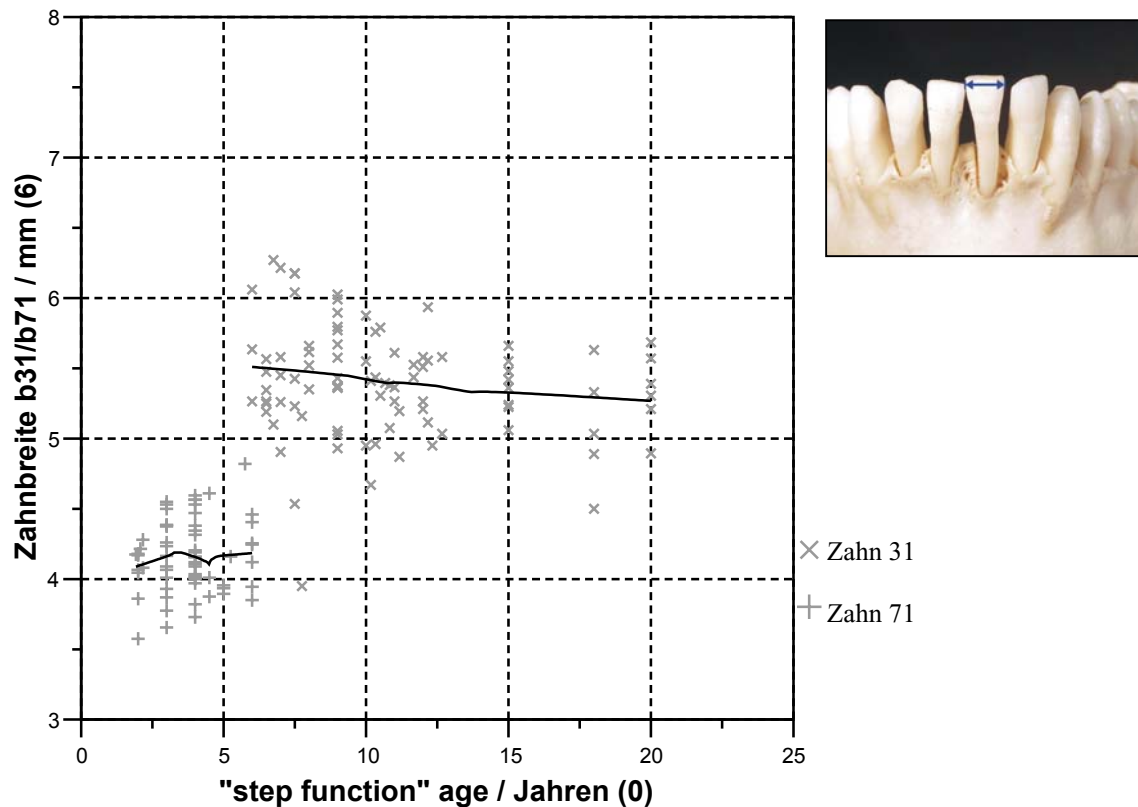


Abbildung 3-6: Zahnbreite 31 und 71 gegen „step function“ age aufgetragen

Der Graph für die Breite des Milchzahnes 71 verläuft unregelmäßig von 1,9 bis 6 Jahren. Ein Maximum zeigt sich bei 3 und eine Minimum bei 4 Jahren. Ab 4 Jahren steigt der Graph wieder an. Von der Altersklasse 2 bis 6 kommt es insgesamt zu einer Zunahme von 0,1 mm, wobei dieser Wert nicht signifikant ist (siehe Tabelle 3-2).

Der Sprung in dem Graphen im Alter von ungefähr 7 Jahren repräsentiert den Breitenunterschied zwischen Milchzähnen und bleibenden Zähnen.

Der Graph für die Breite des bleibenden Zahnes 31 verläuft von 6 bis 20 Jahren und nimmt kontinuierlich ab. Von der Altersklasse 6 bis 19 beträgt die Abnahme 0,3 mm, wobei dieser Wert nicht signifikant ist (siehe Tabelle 3-2).



### 3.3.7 Zahnbreite 41 und 81

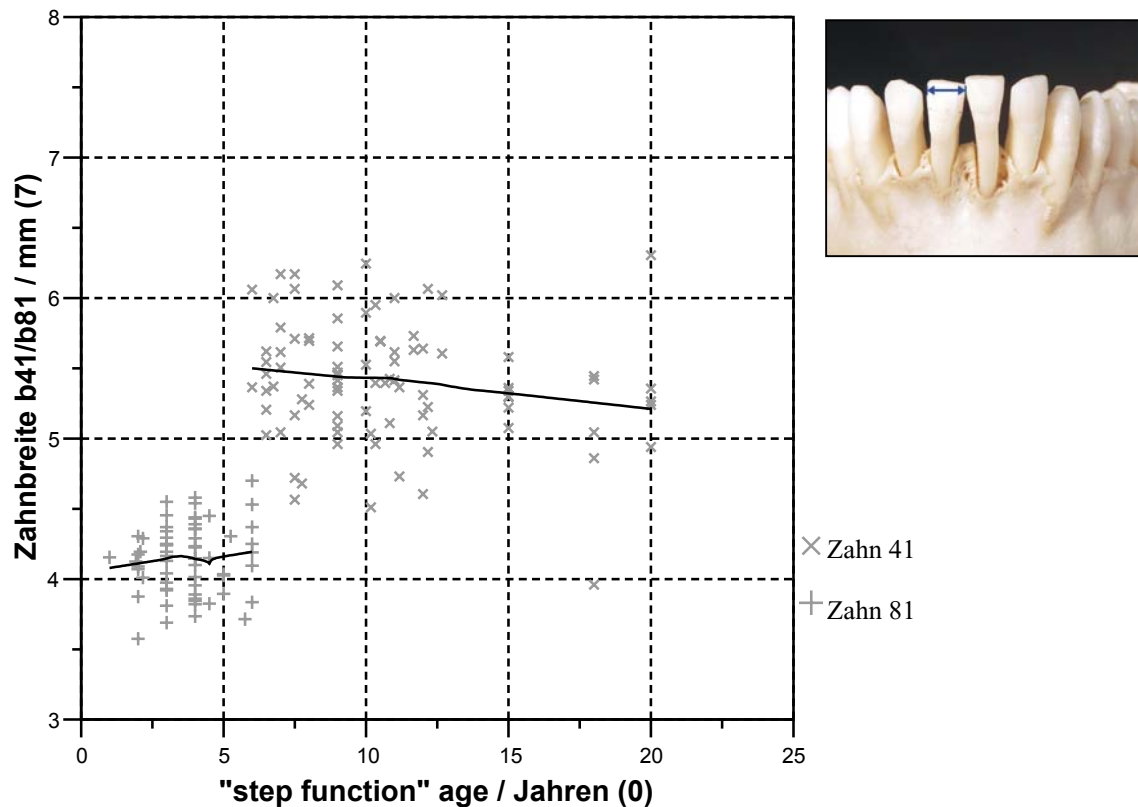


Abbildung 3-7: Zahnbreite 41 und 81 gegen „step function“ age aufgetragen

Der Graph für die Breite des Milchzahnes 81 verläuft von 1 bis 6 Jahren und steigt von der Altersklasse 2 bis 6 um 0,1 mm an, wobei dieser Wert nicht signifikant ist (siehe Tabelle 3-2).

Der Sprung in dem Graphen im Alter von ungefähr 7 Jahren repräsentiert den Breitenunterschied zwischen Milchzähnen und bleibenden Zähnen.

Der Graph für den bleibenden Zahn 41 verläuft von 6 bis 20 Jahren und fällt stetig ab. Von der Altersklasse 6 bis 19 beträgt die Abnahme 0,4 mm, wobei dieser Wert nicht signifikant ist (siehe Tabelle 3-2).

### 3.3.8 Zahnbreite 42 und 82

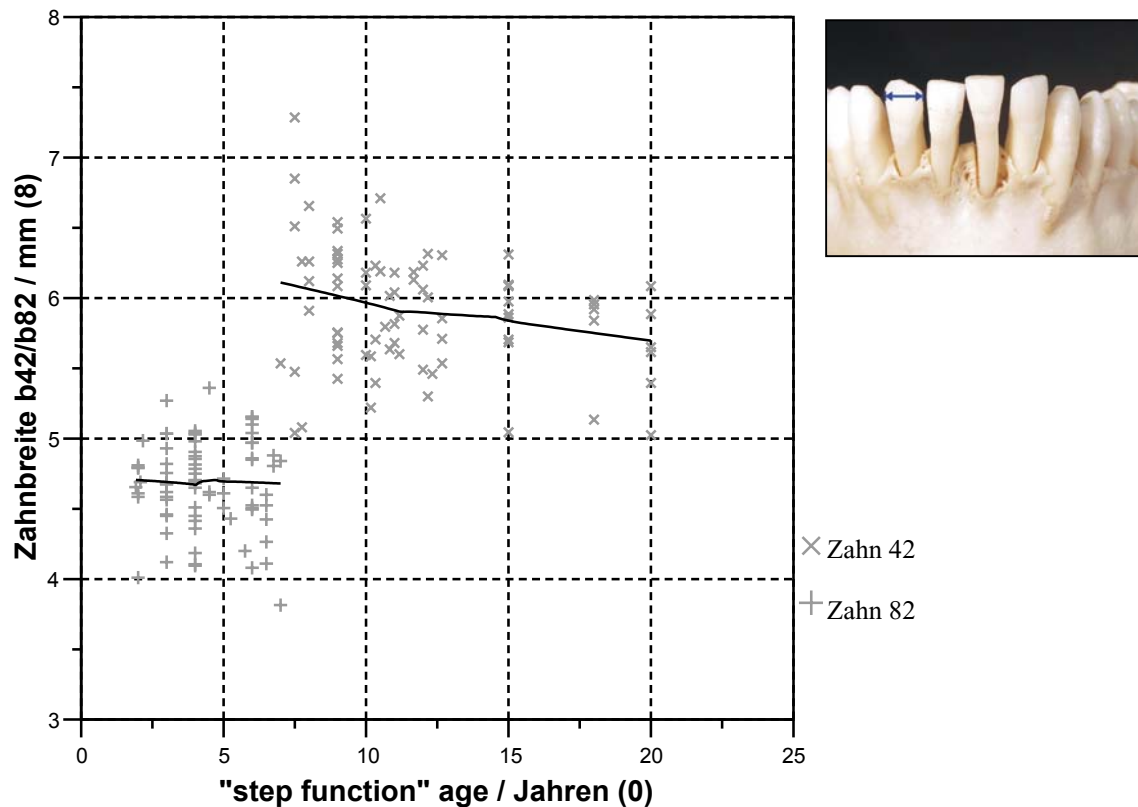


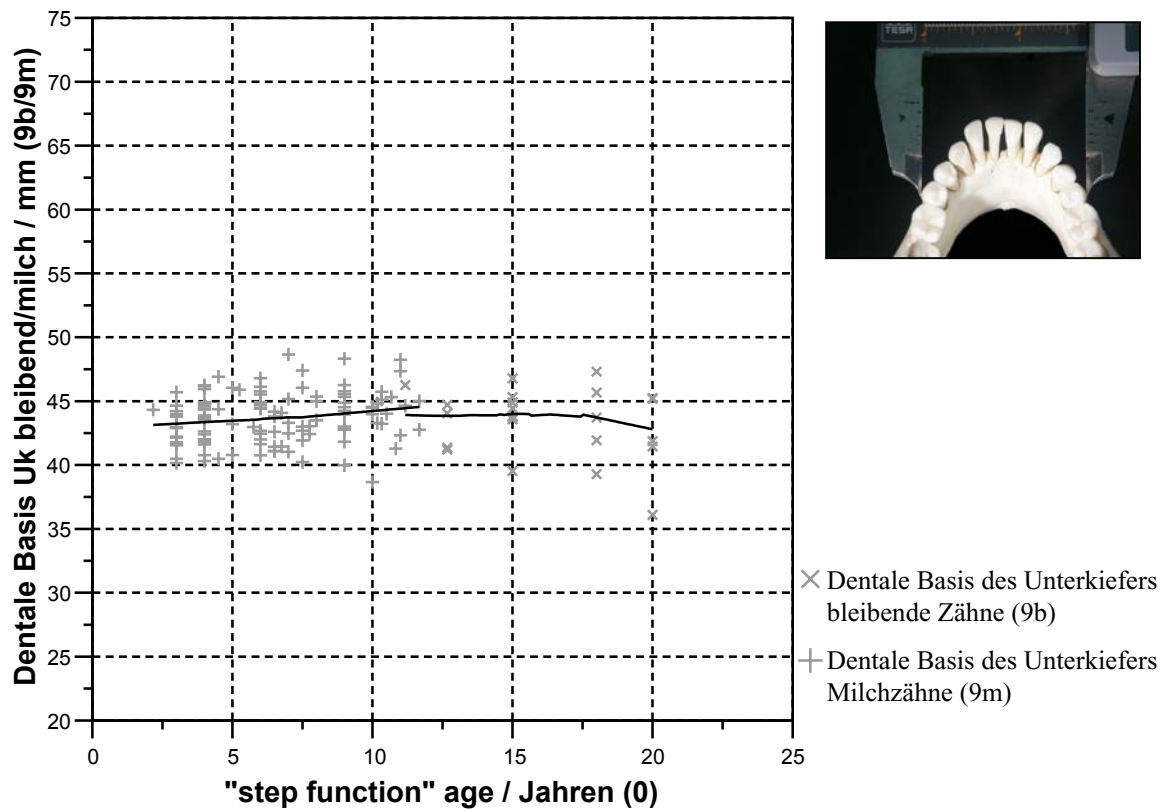
Abbildung 3-8: Zahnbreite 42 und 82 gegen „step function“ age aufgetragen

Der Graph für die Breite des Milchzahnes 82 verläuft von 1,9 bis 7 Jahren und ist relativ konstant. Von der Altersklasse 2 bis 6 kommt es zu einer sehr geringen Abnahme von weniger als 0,1 mm, wobei dieser Wert nicht signifikant ist (siehe Tabelle 3-2).

Der Sprung in dem Graphen im Alter von ungefähr 8 Jahren repräsentiert den Breitenunterschied zwischen Milchzähnen und bleibenden Zähnen.

Die Wachstumskurve des bleibenden Zahnes 42 lässt sich in drei Abschnitte einteilen. Der erste Abschnitt verläuft von 7 bis 11 Jahren, der zweite von 11 bis 14 Jahren und der dritte von 14 bis 20 Jahren. Im ersten Abschnitt fällt der Graph am steilsten ab, im zweiten nur noch sehr leicht und im dritten wieder verstärkt. Von der Altersklasse 8 bis 19 beträgt die Abnahme 0,4 mm (siehe Tabelle 3-2).

### 3.3.9 Wachstumskurve der dentalen Basis des Unterkiefers



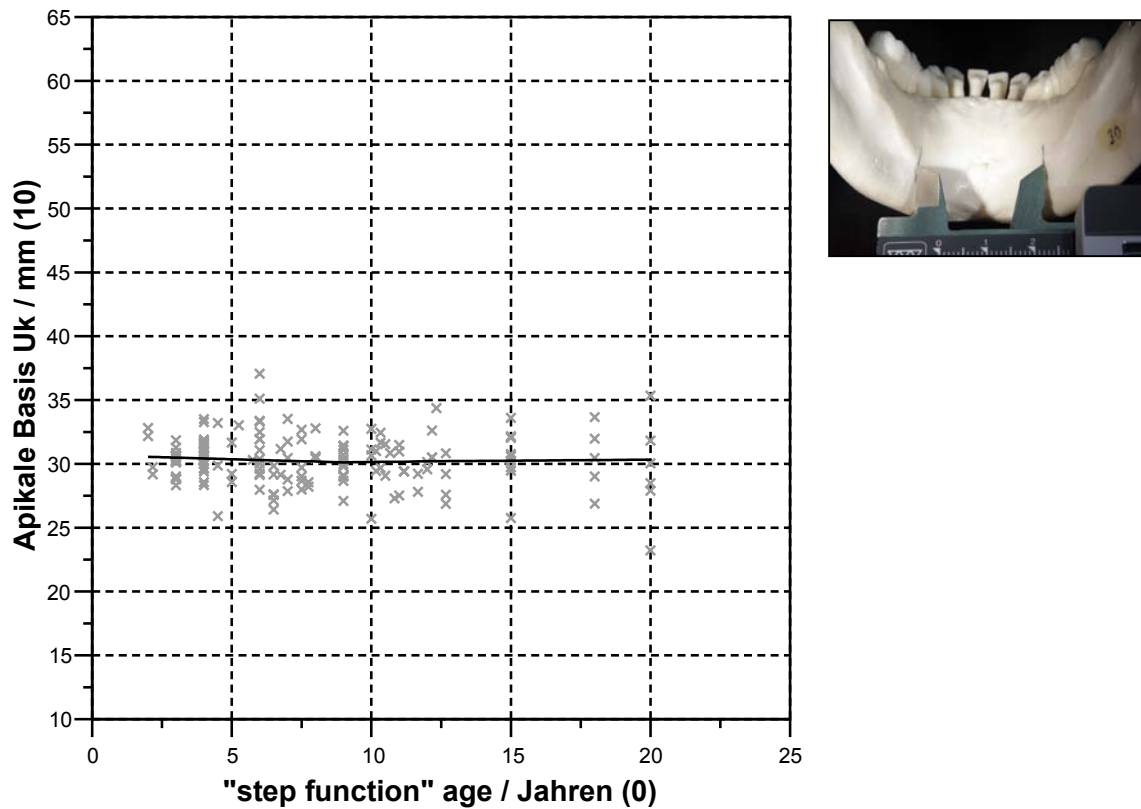
**Abbildung 3-9:** Dentale Basis des Unterkiefers, auf der Höhe von Zahn V/5, gegen „step function“ age aufgetragen

Der Graph der dentalen Basis der Milchzähne im Unterkiefer verläuft von 2,2 bis 11,7 Jahren. Er steigt stetig leicht an und nimmt von der Altersklasse 2 bis 10 Jahren um 1,3 mm zu, wobei dieser Wert nicht signifikant ist (siehe Tabelle 3-2).

Der Graph der dentalen Basis der bleibenden Zähne im Unterkiefer verläuft von 11,2 bis 20 Jahren fast konstant auf gleichem Niveau. Von der Altersklasse 12 bis 19 ist eine leichte Abnahme von 0,7 mm zu verzeichnen, wobei dieser Wert nicht signifikant ist (siehe Tabelle 3-2).

Die dentale Basis der Milch- und die der bleibenden Zähne im Unterkiefer verlaufen jeweils auf dem gleichen Niveau ohne deutliche Wachstumsänderung.

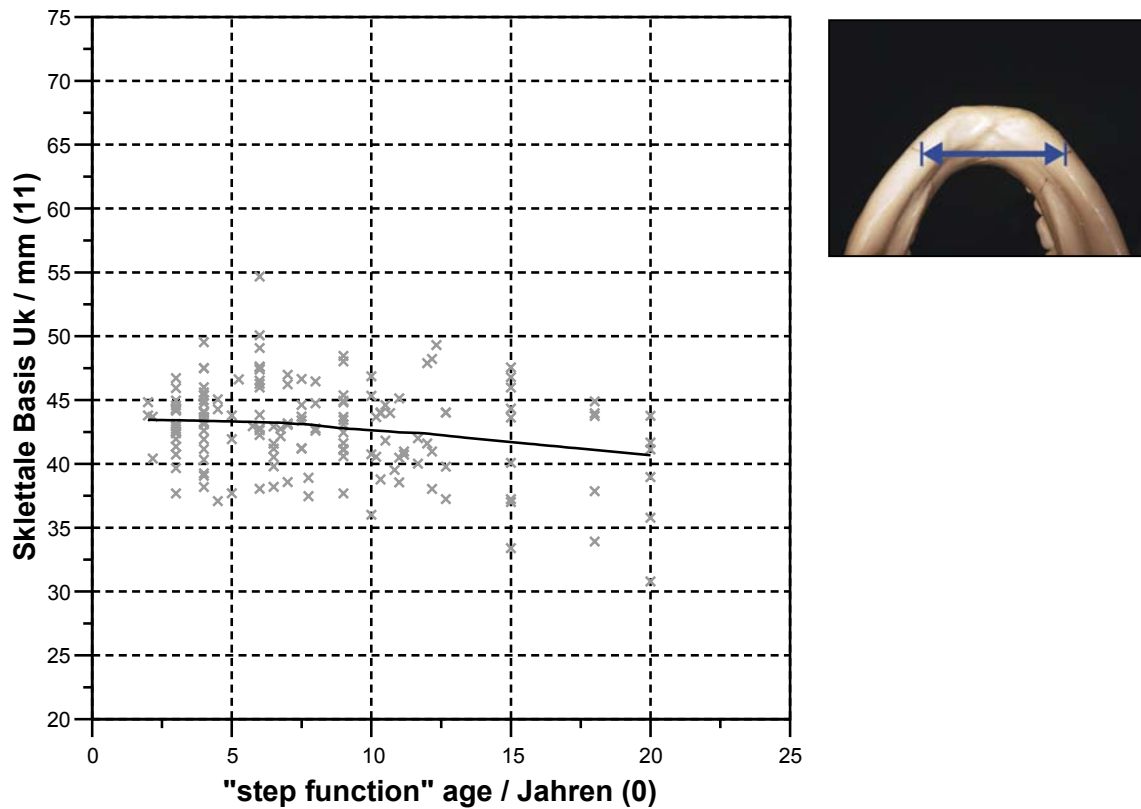
### 3.3.10 Wachstumskurve der apikalen Basis des Unterkiefers



**Abbildung 3-10:** Apikale Basis des Unterkiefers, auf der Höhe von V/5, gegen „step function“ age aufgetragen

Der Graph für die apikale Basis des Unterkiefers verläuft von 2 bis 20 Jahren fast konstant auf einem Niveau. Von der Altersklasse 2 bis 19 kommt es zu einer leichten Abnahme von 0,4 mm, wobei dieser Wert nicht signifikant ist (siehe Tabelle 3-2).

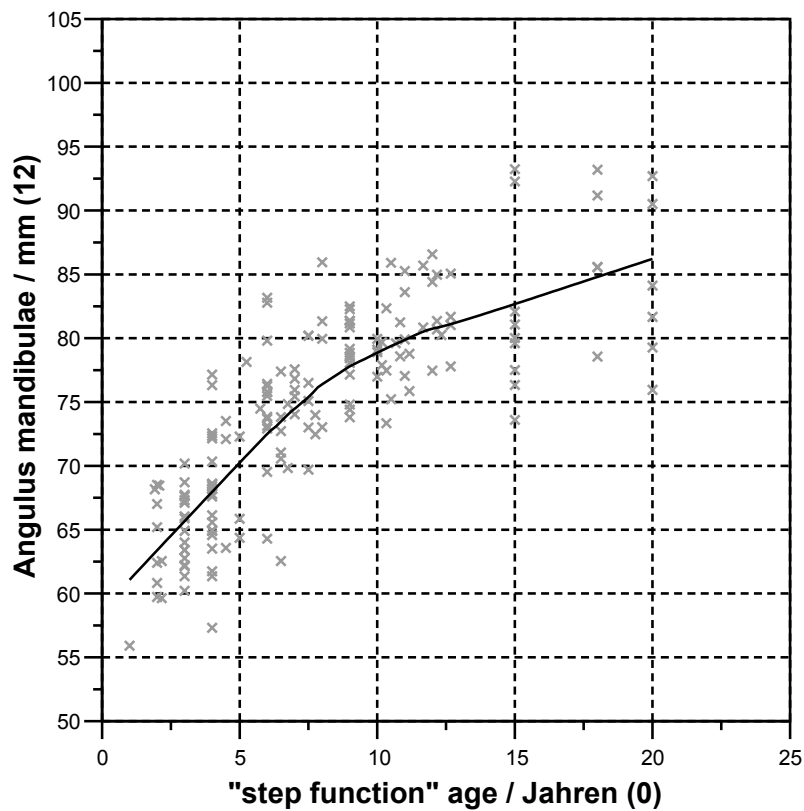
### 3.3.11 Wachstumskurve der skelettalen Basis des Unterkiefers



**Abbildung 3-11:** Skelettale Basis des Unterkiefers, auf der Höhe von Zahn V/5, gegen „step function“ age aufgetragen

Der Graph für die skelettale Basis des Unterkiefers verläuft von 2 bis 20 Jahre und fällt in dieser Zeit kontinuierlich ab. Von der Altersklasse 2 bis 19 beträgt der Abfall 3,3 mm (siehe Tabelle 3-2).

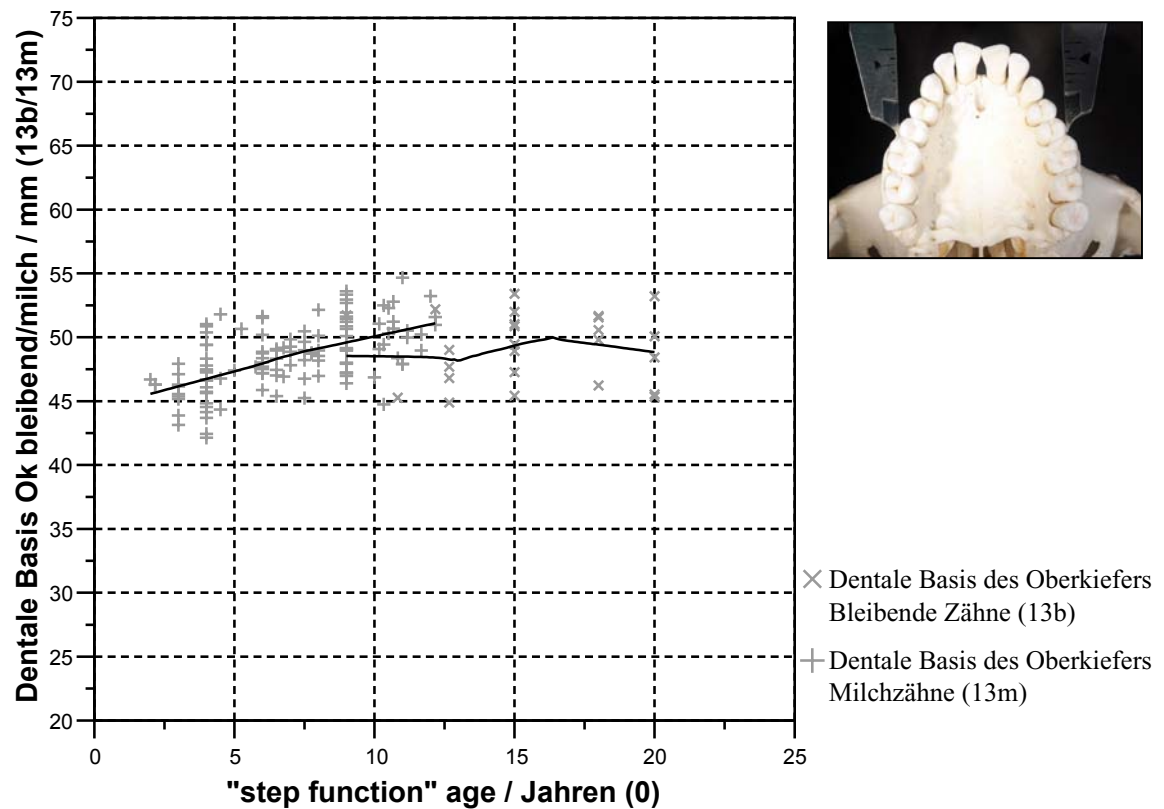
### 3.3.12 Wachstumskurve am Angulus mandibulae



**Abbildung 3-12:** Angulus mandibulae gegen „step function“ age aufgetragen

Der Graph für die Messstrecke am Angulus mandibulae lässt sich in zwei Abschnitte einteilen. Der erste Abschnitt umfasst das Alter von 1 bis 8 Jahren, der zweite von 8 bis 20 Jahren. Im ersten Abschnitt ist ein starker Anstieg, im zweiten Abschnitt ein etwas schwächerer Anstieg des Graphen zu sehen. Von der Altersklasse 2 bis 19 beträgt die Zunahme 20,9 mm (siehe Tabelle 3-2).

### 3.3.13 Wachstumskurve der dentalen Basis des Oberkiefers

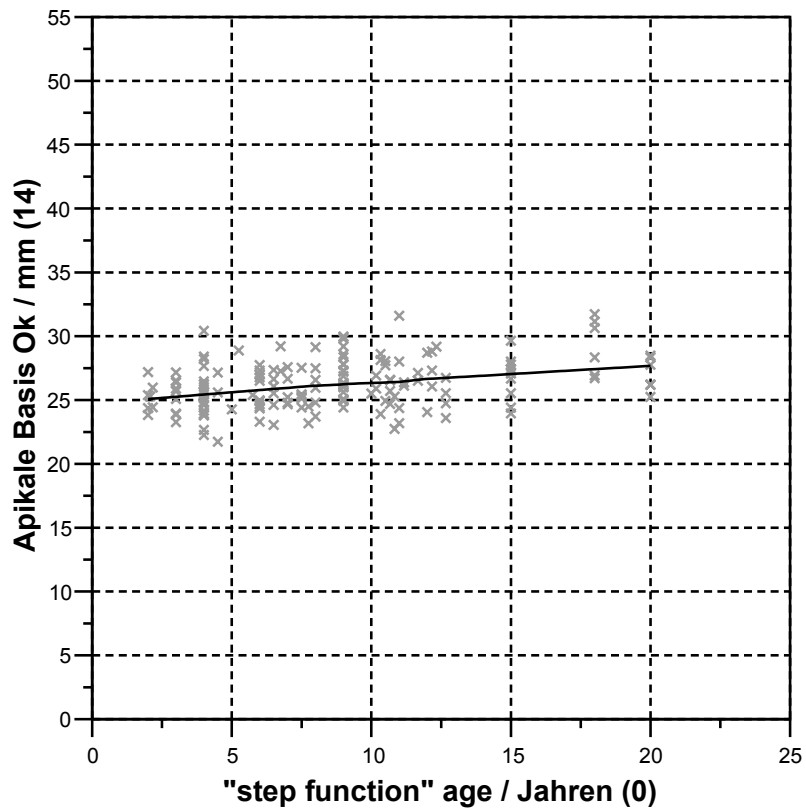


**Abbildung 3-13:** Dentale Basis des Oberkiefers, auf der Höhe von Zahn V/5, gegen „step function“ age aufgetragen

Der Graph für die dentale Basis der Milchzähne im Oberkiefer verläuft von 2 bis 12,2 Jahren und steigt kontinuierlich an. Die Zunahme beträgt von der Altersklasse 2 bis 12 5 mm (siehe Tabelle 3-2).

Der Graph für die dentale Basis der bleibenden Zähne im Oberkiefer verläuft von 9 bis 20 Jahren und lässt sich in drei Abschnitte einteilen. Der erste verläuft von 9 bis 12,5, der zweite von 12,5 bis 16,5 und der dritte von 16,5 bis 20 Jahren. Im ersten Abschnitt verläuft der Graph nahezu auf einem Niveau. Im zweiten Abschnitt steigt der Graph deutlich an und fällt im dritten Abschnitt wieder leicht ab. Von der Altersklasse 12 bis 19 kommt es zu einer Zunahme von 1,1 mm, wobei dieser Wert nicht signifikant ist (siehe Tabelle 3-2).

### 3.3.14 Wachstumskurve der apikalen Basis des Oberkiefers

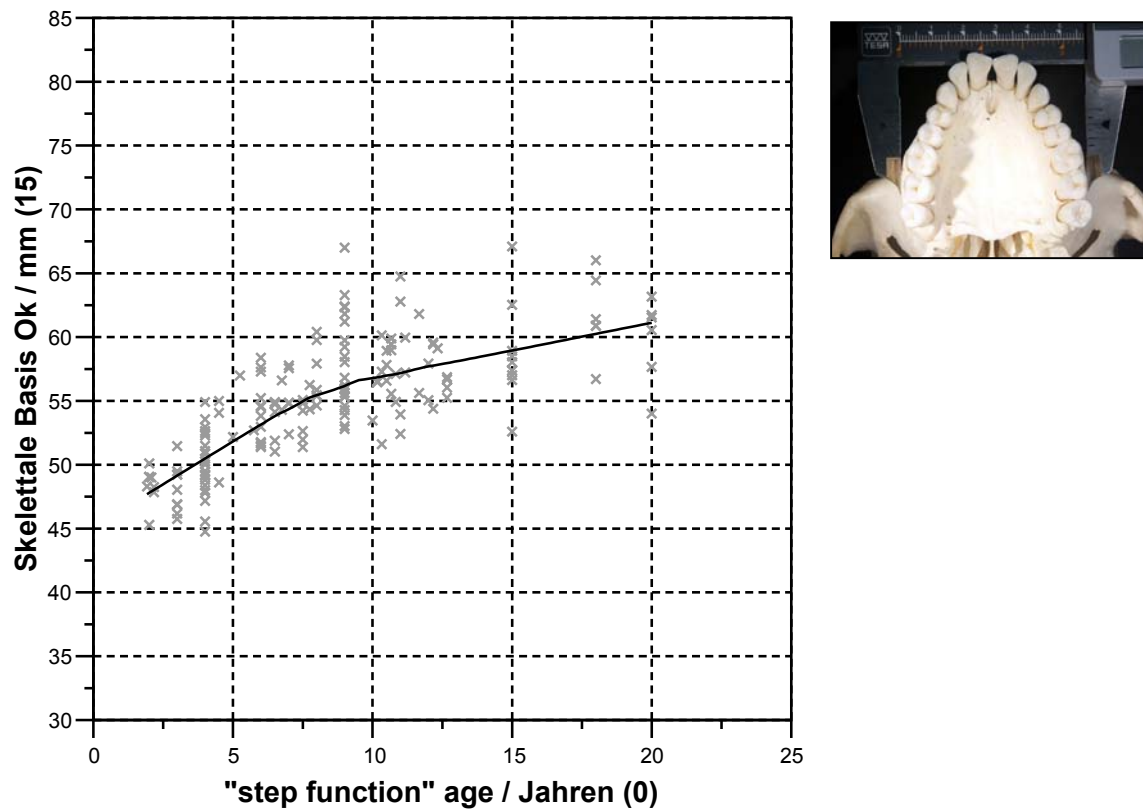


**Abbildung 3-14:** Apikale Basis des Oberkiefers, auf der Höhe von Zahn V/5, gegen „step function“ age aufgetragen

Der Graph für die apikale Basis des Oberkiefers verläuft von 2 bis 20 Jahren und steigt kontinuierlich leicht an. Von der Altersklasse 2 bis 19 beträgt die Zunahme 2,9 mm (siehe Tabelle 3-2).



### 3.3.15 Wachstumskurve der skelettalen Basis des Oberkiefers



**Abbildung 3-15:** Skelettale Basis des Oberkiefers, auf der Höhe von Zahn V/5, gegen „step function“ age aufgetragen

Der Graph für die Messstrecke der skelettalen Basis des Oberkiefers lässt sich in zwei Abschnitte einteilen. Der erste verläuft von 1,9 bis 8 Jahren, der zweite von 8 bis 20 Jahren. Im ersten Abschnitt steigt der Graph steiler an als im zweiten Abschnitt. Von der Altersklasse 2 bis 19 beträgt der Anstieg 12,5 mm (siehe Tabelle 3-2).

### 3.3.16 Wachstumskurve an der Sutura zygomaticomaxillaris

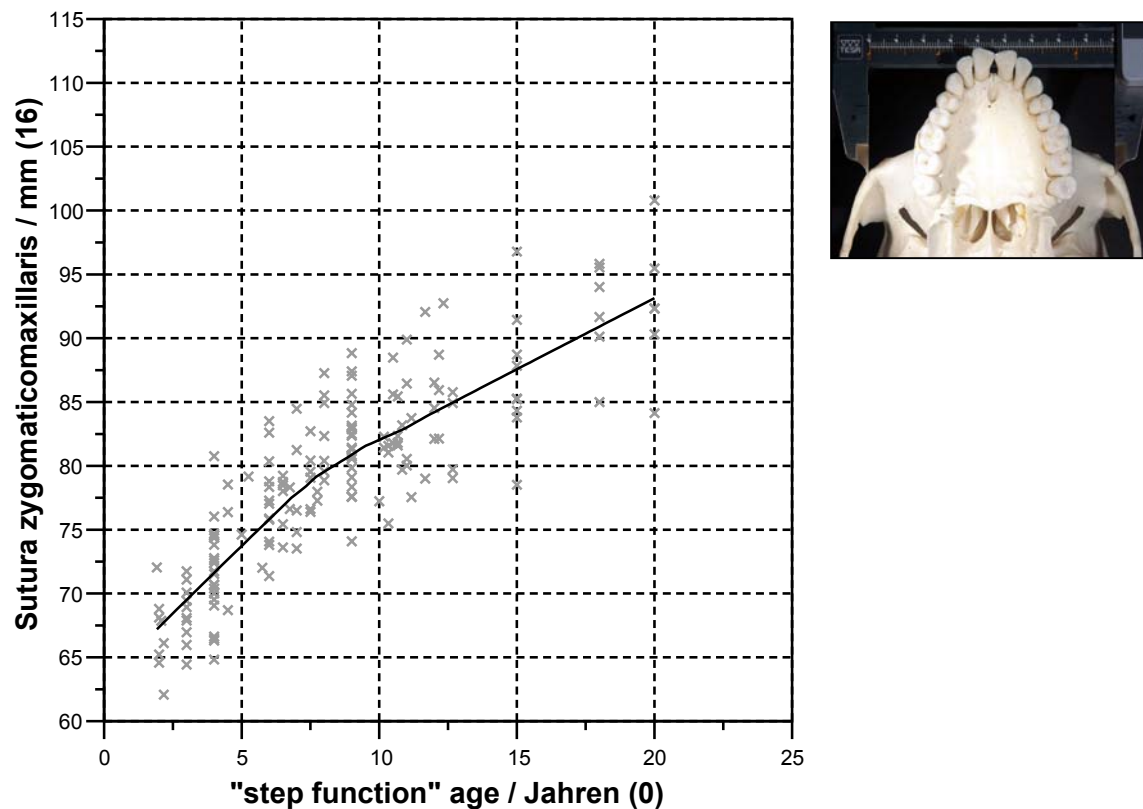


Abbildung 3-16: Sutura zygomaticomaxillaris gegen „step function“ age aufgetragen

Der Graph für die Messstrecke an der Sutura zygomaticomaxillaris lässt sich in zwei Abschnitte einteilen. Der erste verläuft von 1,9 bis 8 Jahren, der zweite von 8 bis 20 Jahren. Im ersten Abschnitt weist der Graph eine größere Steigung auf, als im zweiten Abschnitt. Von der Altersklasse 2 bis 19 beträgt der Anstieg 24,5 mm (siehe Tabelle 3-2).

### 3.3.17 Wachstumskurve am Arcus zygomaticus

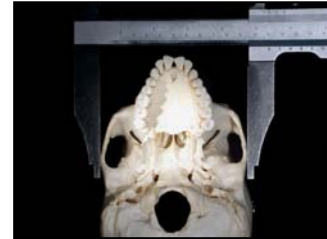
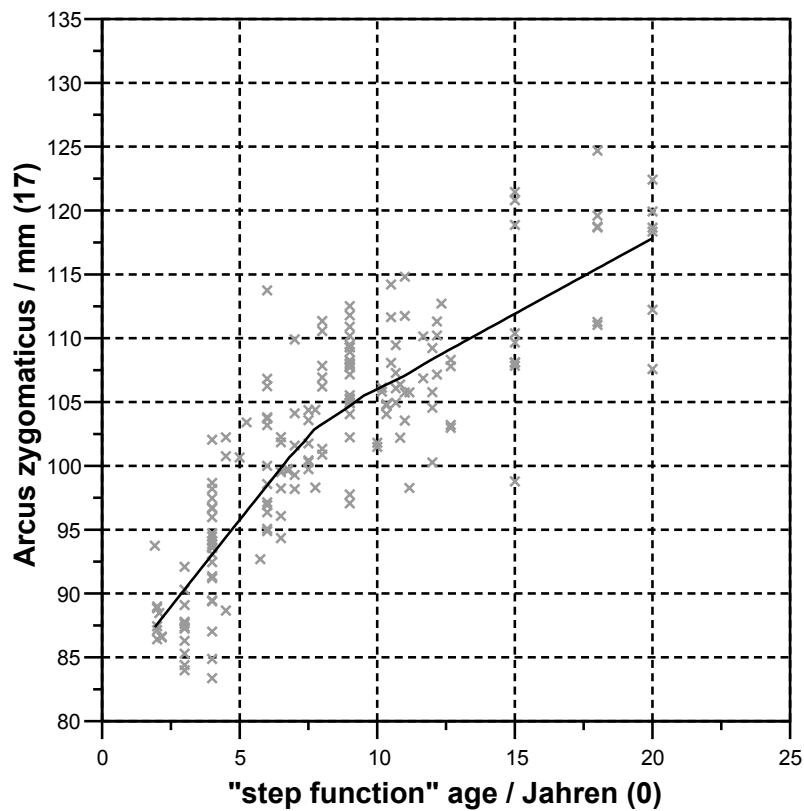


Abbildung 3-17: Arcus zygomaticus gegen „step function“ age aufgetragen

Der Graph für die Messstrecke am Arcus zygomaticus lässt sich in zwei Abschnitte einteilen. Der erste verläuft von 1,9 bis 8 Jahren, der zweite von 8 bis 20 Jahren. Im ersten Abschnitt steigt der Graph steiler an als im zweiten Abschnitt. Von der Altersklasse 2 bis 19 beträgt der Anstieg 29,1 mm (siehe Tabelle 3-2).

### 3.3.18 Wachstumskurve der Biauricularbreite

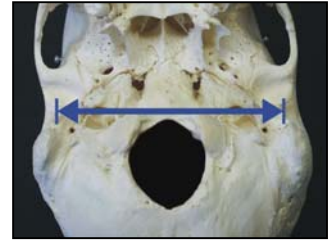
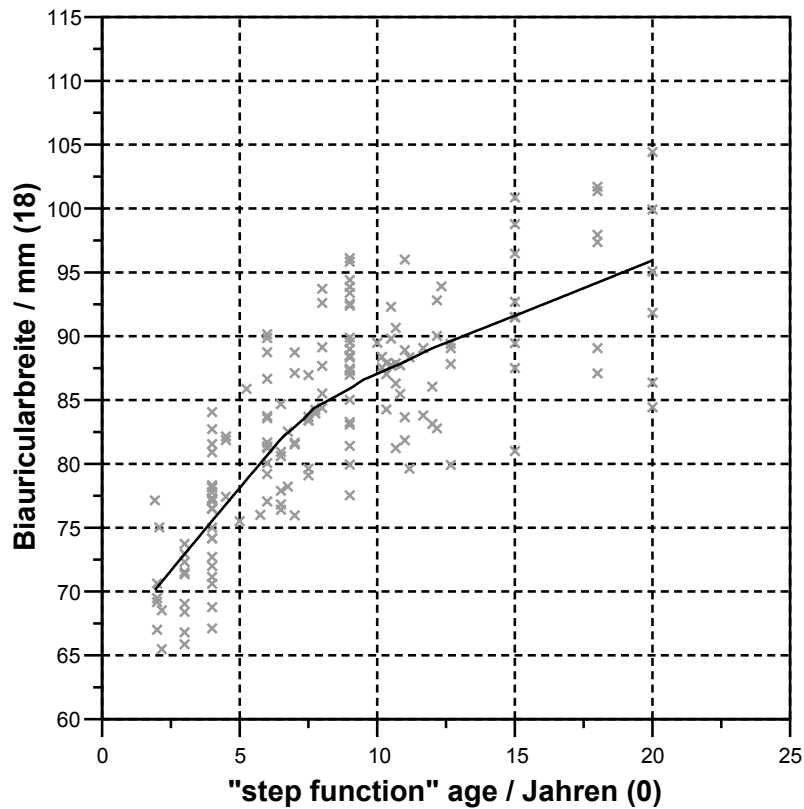


Abbildung 3-18: Biauricularbreite gegen „step function“ age aufgetragen

Der Graph für die Biauricularbreite lässt sich in zwei Abschnitte einteilen. Der erste verläuft von 1,9 bis 8 Jahren, der zweite von 8 bis 20 Jahren. Im ersten Abschnitt steigt der Graph steiler an als im zweiten Abschnitt. Von der Altersklasse 2 bis 19 beträgt der Anstieg 24,5 mm (siehe Tabelle 3-2).

### 3.3.19 Wachstumskurve der Bizygomaticumbreite

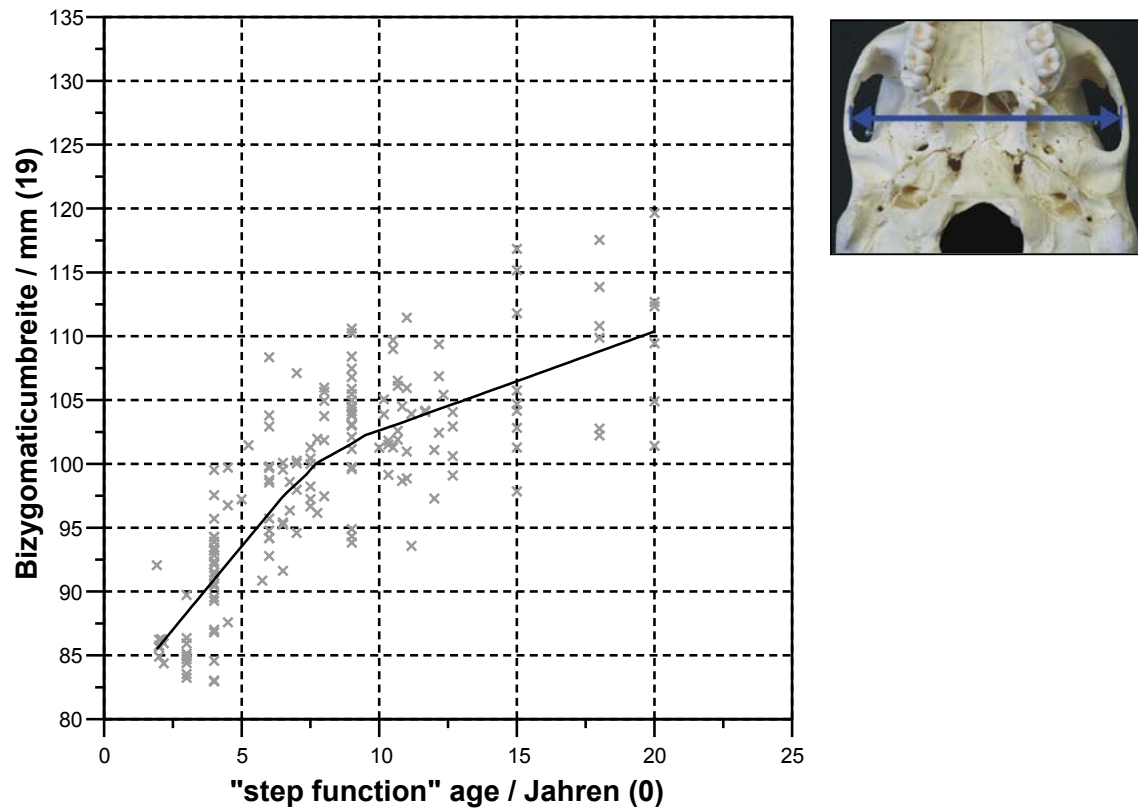
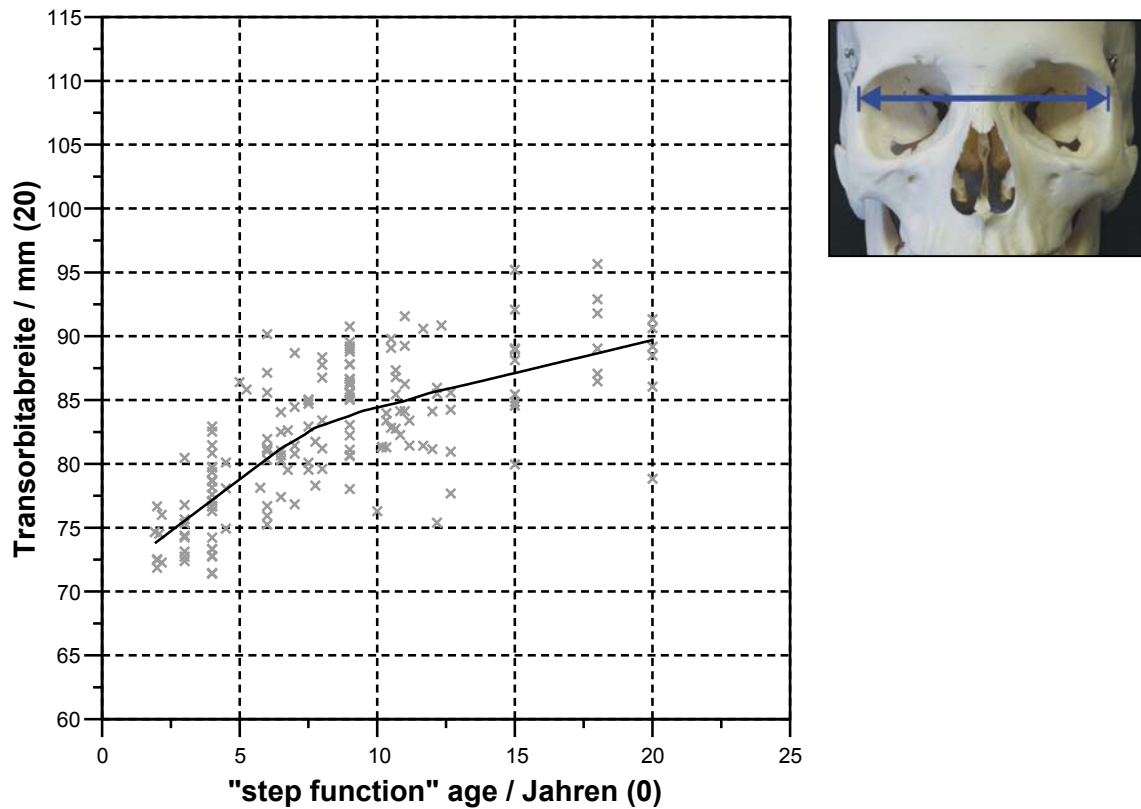


Abbildung 3-19: Bizygomaticumbreite gegen „step function“ age aufgetragen

Der Graph für die Bizygomaticumbreite lässt sich in zwei Abschnitte einteilen. Der erste verläuft von 1,9 bis 8 Jahren, der zweite von 8 bis 20 Jahren. Im ersten Abschnitt steigt der Graph steiler an als im zweiten Abschnitt. Von der Altersklasse 2 bis 19 beträgt der Anstieg 24 mm (siehe Tabelle 3-2).

### 3.3.20 Wachstumskurve der Transorbitabreite



**Abbildung 3-20:** Transorbitabreite gegen „step function“ age aufgetragen

Der Graph für die Transorbitabreite lässt sich in zwei Abschnitte einteilen. Der erste verläuft von 1,9 bis 8 Jahren, der zweite von 8 bis 20 Jahren. Im ersten Abschnitt steigt der Graph steiler an als im zweiten Abschnitt. Von der Altersklasse 2 bis 19 beträgt der Anstieg 14,5 mm (siehe Tabelle 3-2).

### 3.3.21 Wachstumskurve des Winkels am Os petrosum rechts

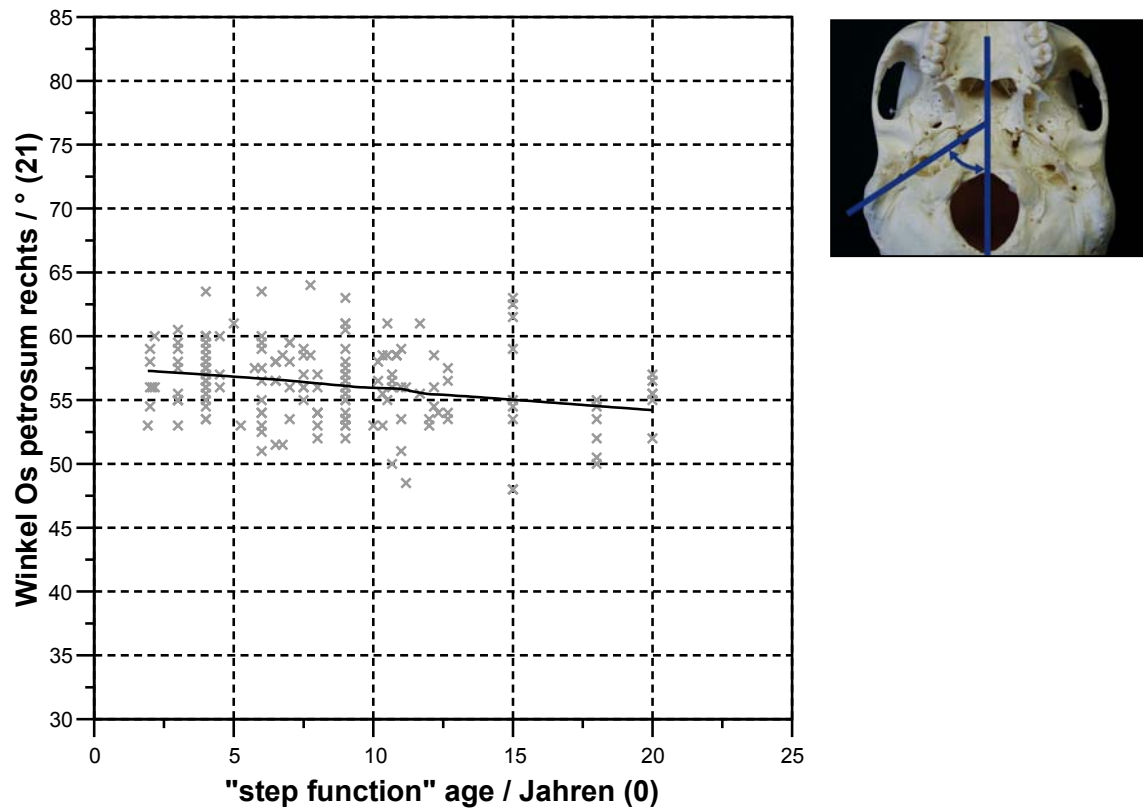


Abbildung 3-21: Winkel am Os petrosum rechts gegen „step function“ age aufgetragen

Der Graph für die Messstrecke des Winkels am Os petrosum rechts verläuft von 1,9 bis 20 Jahren und fällt gleichmäßig ab. Von der Altersklasse 2 bis 19 beträgt die Abnahme 2,9 Grad (siehe Tabelle 3-2).

### 3.3.22 Wachstumskurve des Winkels am Os petrosum links

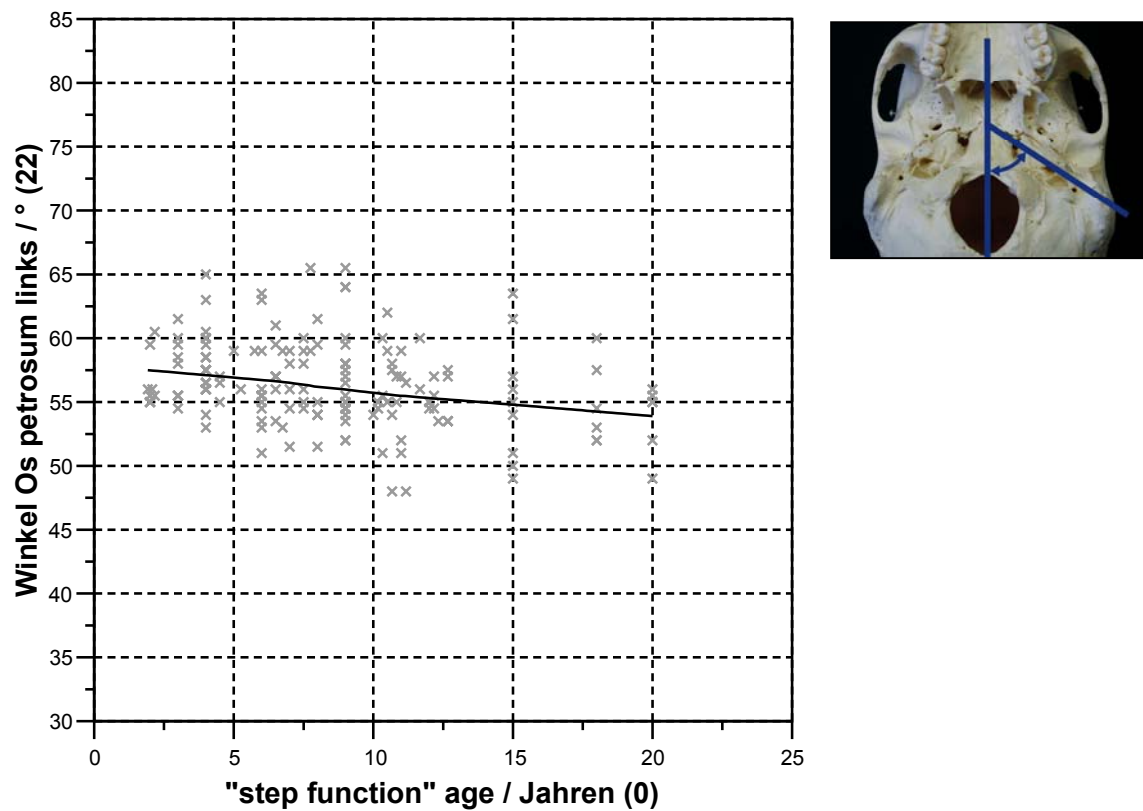
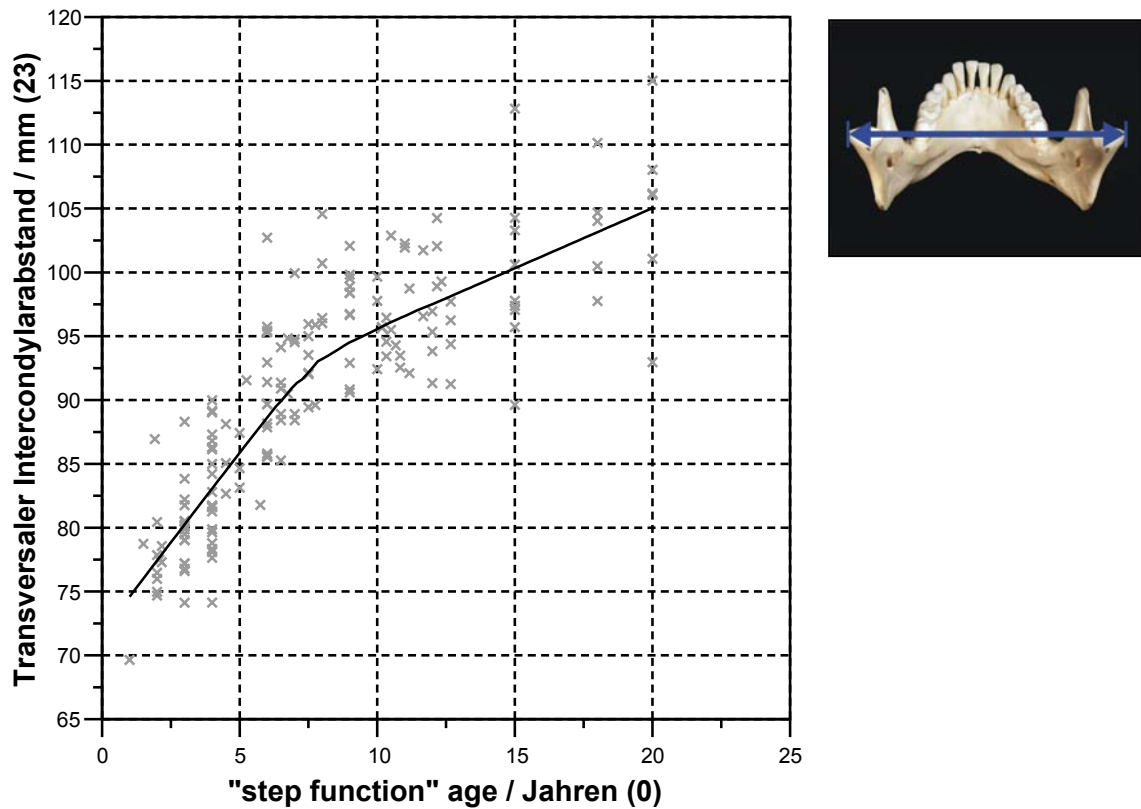


Abbildung 3-22: Winkel Os petrosum links gegen „step function“ age aufgetragen

Der Graph für die Messstrecke des Winkels am Os petrosum links verläuft von 1,9 bis 20 Jahren und fällt gleichmäßig ab. Von der Altersklasse 2 bis 19 beträgt die Abnahme 2,9 Grad (siehe Tabelle 3-2).



### 3.3.23 Wachstumskurve des transversalen Intercondylarabstandes



**Abbildung 3-23:** Transversaler Intercondylarabstand gegen „step function“ age aufgetragen

Der Graph für den transversalen Intercondylarabstand lässt sich in zwei Abschnitte einteilen. Der erste verläuft von 1,9 bis 8 Jahren, der zweite von 8 bis 20 Jahren. Im ersten Abschnitt steigt der Graph steiler an als im zweiten Abschnitt. Von der Altersklasse 2 bis 19 beträgt der Anstieg 25,4 mm (siehe Tabelle 3-2).

### 3.3.24 Zahnbreitensumme der Inzisivi im Oberkiefer

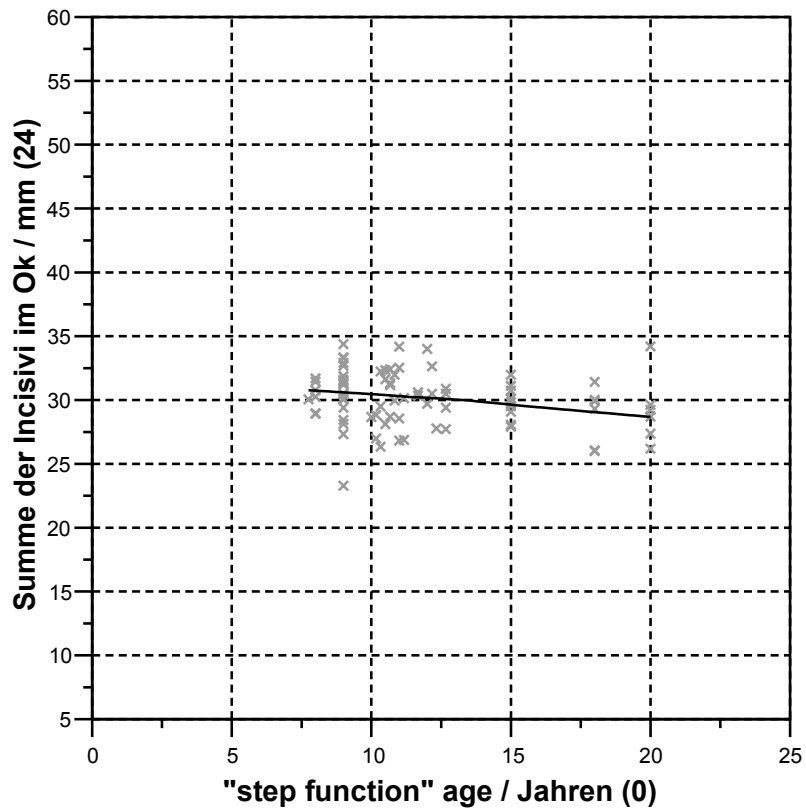
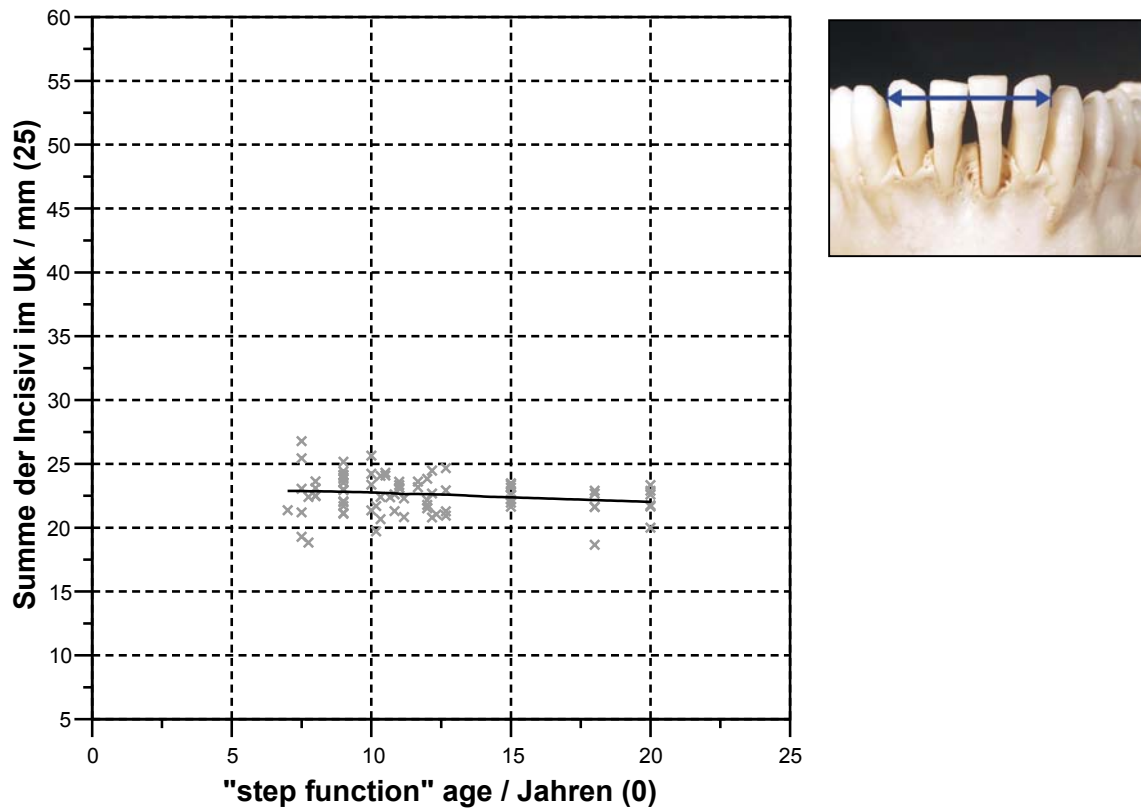


Abbildung 3-24: Zahnbreitensumme der Inzisivi im Oberkiefer gegen „step function“ age aufgetragen

Der Graph für die Zahnbreitensumme der Inzisivi im Oberkiefer verläuft von 7,8 bis 20 Jahren und zeigt eine gleichmäßige, leichte Abnahme. Von der Altersklasse 8 bis 19 beträgt die Abnahme 1,6 mm, wobei dieser Wert nicht signifikant ist (siehe Tabelle 3-2).

### 3.3.25 Zahnbreitensumme der Inzisivi im Unterkiefer



**Abbildung 3-25:** Zahnbreitensumme der Inzisivi im Unterkiefer gegen „step function“ age aufgetragen

Der Graph für die Zahnbreitensumme der Inzisivi im Unterkiefer verläuft von 7 bis 20 Jahren und zeigt eine gleichmäßige, leichte Abnahme. Von der Altersklasse 8 bis 19 beträgt die Abnahme 1,1 mm, wobei dieser Wert nicht signifikant ist (siehe Tabelle 3-2).

### 3.4 Faktorenanalyse

Mit Hilfe der Faktorenanalyse wird die große Anzahl der Variablen auf eine kleinere Zahl unabhängiger Faktoren reduziert.

Die erste Faktorenanalyse beinhaltet die Variablen 0 und 9 bis 23, wobei bei den Variablen 9 und 13 die dentale Basis der Milchzähne (9m, 13m) verwendet wurde (siehe Tabelle 3-3). Die zweite Faktorenanalyse beinhaltet die Variablen 0 und 9 bis 25, wobei bei den Variablen 9 und 13 die dentale Basis der bleibenden Zähne (9b, 13b) Verwendung fand (siehe Tabelle 3-4).

Als Extraktionsmethode wurde die Hauptkomponentenanalyse benutzt, bei der die Zahl der Komponenten, auch Faktoren genannt, auf 4 festgelegt wurde. Varimax diente als Rotationsmethode. Die in den vier Spalten der Komponenten der rotierten Komponentenmatrix vorkommenden Zahlen werden Faktorladungen genannt. Diese kann man als Korrelationskoeffizienten zwischen den betreffenden Variablen und den Faktoren verstehen [Bühl und Zöfel 2000].

**Tabelle 3-3:** Rotierte Komponentenmatrix<sup>a)</sup> der Variablen 0 und 9 bis 23 (Milchzähne)

	Komponente			
	1	2	3	4
17 Arcus zygomaticus	,959	,139	-,041	,122
19 Bizygomaticumbreite	,950	,137	,004	,131
23 transversaler Intercondylarabstand	,933	,068	-,079	,146
16 Sutura zygomaticomaxillaris	,915	,027	-,083	,229
18 Biauricularbreite	,912	,123	-,040	,092
12 Angulus mandibulae	,892	,231	-,109	,010
15 Skelettale Basis Ok	,854	,130	-,122	,382
00 "step function" age	,850	-,252	-,172	,068
20 Transorbitabreite	,839	,191	-,094	,138
13m Dentale Basis Ok milch	,675	,352	-,052	,517
10 Apikale Basis Uk	,008	,927	-,068	,147
11 Skelettale Basis Uk	,100	,917	,105	-,001
9m Dentale Basis Uk milch	,252	,791	-,025	,296
21 Winkel Os petrosum rechts	-,083	-,058	,928	-,086
22 Winkel Os petrosum links	-,147	,076	,921	,010
14 Apikale Basis Ok	,313	,294	-,065	,835

Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse

Rotationsmethode: Varimax mit Kaiser-Normalisierung

<sup>a)</sup> Die Rotation ist in 10 Iterationen konvergiert

In der Tabelle 3-3 erkennt man, dass den 4 Faktoren jeweils eine Gruppe, grau unterlegt, an Variablen eindeutig zuzuordnen ist, die auf die Faktoren am höchsten laden. Die Variablen 17, 19, 23, 16, 18, 12, 15, 0, 20 und 13m laden hoch auf den Faktor 1, wobei die Variable 13m ebenfalls mit 0,5 relativ hoch auf den Faktor 4 lädt. Die Variablen 10, 11 und 9m bilden eine Gruppe, die auf den Faktor 2 hoch lädt. Die Variablen 21 und 22 bilden die Gruppe, die auf Faktor 3 hoch lädt. Auf den Faktor vier lädt die Variable 14 hoch.

**Tabelle 3-4:** Rotierte Komponentenmatrix<sup>a)</sup> der Variablen 0 und 9 bis 25 (bleibende Zähne)

	Komponente			
	1	2	3	4
17 Arcus zygomaticus	,950	,159	,026	-,019
19 Bizygomaticumbreite	,939	,126	-,094	,134
23 transversaler Intercondylarabstand	,922	,104	-,011	,185
18 Biauricularbreite	,902	-,023	-,096	,056
15 Skelettale Basis Ok	,895	,031	-,045	-,245
16 Sutura zygomaticomaxillaris	,771	,210	,140	-,249
20 Transorbitabreite	,757	,289	,293	-,219
12 Angulus mandibulae	,700	,209	,391	,302
14 Apikale Basis Ok	,687	,181	,419	,112
10 Apikale Basis Uk	,135	,921	,086	,086
9b Dentale Basis Uk bleibend	,132	,869	,049	-,140
11 Skelettale Basis Uk	,097	,716	-,009	,438
13b Dentale Basis Ok bleibend	,602	,646	-,172	,011
24 SIUK	,047	,099	-,921	,047
25 SIOK	,112	-,271	-,754	-,298
00 "step function" age	,469	-,110	,625	-,046
22 Winkel Os petrosum links	-,048	-,011	-,007	,889
21 Winkel Os petrosum rechts	,037	,117	,142	,864

Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse

Rotationsmethode: Varimax mit Kaiser-Normalisierung

<sup>a)</sup> Die Rotation ist in 8 Iterationen konvergiert

In der Tabelle 3-4 erkennt man, dass den 4 Faktoren jeweils eine Gruppe, grau unterlegt, an Variablen eindeutig zuzuordnen ist, die auf die Faktoren am höchsten laden. Die Variablen 17, 19, 23, 18, 15, 16, 20, 12 und 14 laden hoch auf den Faktor 1. Die Variablen 10, 9b, 11 und 13b bilden die Gruppe, die am höchsten auf Faktor 2 lädt, wobei die Variable 13b mit 0,6 auch relativ hoch auf Faktor 1 lädt. Die Variablen 24, 25 und 0

bilden die Gruppe, die auf Faktor 3 hoch lädt. Die Variablen 21 und 22 laden auf Faktor 4 hoch.

### **3.5 Korrelationsanalyse nach Pearson**

Für jede Altersklasse wurde eine Korrelationsanalyse nach Pearson berechnet (siehe Anhang 10.4), um festzustellen, ob bei den Variablen während des Wachstums Veränderungen in der Stärke der Zusammenhänge auftreten. In allen Tabellen werden die Variablen 9 bis 25 und 0 verwendet. Bei den Variablen 9 und 13 ist jeweils eine Spalte für die Milch- „9m, 13m“ und bleibenden Zähne „9b, 13b“ angelegt worden. Die Variablen 1 bis 8 sind in die Korrelationsanalysen nach Pearson nicht mit aufgenommen, weil bei den Zahnbreiten kein Wachstum zu erwarten ist.

In den Tabellen der Altersklassen 2 bis 10 (Tabelle 10-3 bis Tabelle 10-7 im Anhang) kommen bei der dentalen Basis im Ober- und Unterkiefer nur Korrelationskoeffizienten bei den Milchzähnen „9m“ und „13m“ vor. In den Altersklassen 12 bis 30 findet man hingegen bei der dentalen Basis im Ober- und Unterkiefer nur Werte bei den bleibenden Zähnen „9b“ und „13b“.

Für die Variable „Summe der Inzisivi im Unterkiefer“ (25) kommen ab der Altersklasse 8 (Tabelle 10-6) Korrelationskoeffizienten vor.

Für die Variable „Summe der Inzisivi im Oberkiefer“ (24) findet man ab der Altersklasse 10 (Tabelle 10-7) Korrelationskoeffizienten.

Korrelationskoeffizienten für das „step function“ Alter (0) kommen fast nur in der Altersklasse 8 mit geringen Zusammenhängen zu anderen Variablen vor. Eine Veränderung der Korrelationskoeffizienten im Wachstumsverlauf ist nicht festzustellen.

Betrachtet man die dentale Basis des Unterkiefers (9b, 9m) zur apikalen Basis des Unterkiefers (10) so stellt man fest, dass in den Altersklassen 2 bis 6, 10 und 19 hohe Korrelationskoeffizienten ( $r=0,73$  bis  $r=0,86$ ) auftreten. Eine Ausnahme bildet die Altersklasse 8, in der die beiden Variablen nur eine mittlere Korrelation von  $r=0,57$  aufweisen.

Die dentale Basis des Unterkiefers (9b, 9m) im Vergleich zur skelettalen Basis des Unterkiefers (11) zeigt in den Altersklassen 2, 6, 8 und 10 nur mittlere Korrelationen ( $r=0,53$  bis  $r=0,73$ ). Eine Ausnahme ist in der Altersklasse 19 zu sehen, in der die jungen Erwachsenen vorkommen. Hier wird eine hohe Korrelation mit  $r=0,89$  erreicht.

Eine deutliche Veränderung im Zusammenhang zwischen der dentalen Basis des Unterkiefers (9b, 9m) und dem Angulus mandibulae (12) während des Wachstums ist nicht festzustellen. Es konnten allerdings auch nur für die Altersklassen 4, 6 und 8 mittel hohe Korrelationskoeffizienten ( $r=0,52$  bis  $r=0,61$ ) berechnet werden.

Vergleicht man die dentale Basis des Unterkiefers (9b, 9m) mit der dentalen Basis des Oberkiefers (13b, 13m), so stellt man fest, dass in der Altersklasse 2 nur eine mittlere Korrelation von  $r=0,63$  vorkommt. In den folgenden Altersklassen 4, 6, 8, 10, 14 und 30 hingegen korrelieren diese beiden Variablen hoch und zeigen Werte zwischen  $r=0,72$  und  $r=0,84$ .

Korrelationskoeffizienten zwischen der dentalen Basis des Unterkiefers (9b, 9m) und der apikalen Basis des Oberkiefers (14) konnten nur für die Altersklassen 4, 6 und 10 berechnet werden. Die Variablen korrelieren mittel hoch in den Klassen 4 und 10 und gering in der Klasse 6 miteinander.

Betrachtet man die Korrelationskoeffizienten für die dentale Basis des Unterkiefers (9b, 9m) mit der skelettalen Basis des Oberkiefers (15), so erkennt man eine leichte Abnahme von der Altersklasse 4 mit  $r=0,75$ , Klasse 6 mit  $r=0,72$  bis Klasse 8 mit  $r=0,59$ . Ein sprunghafter Anstieg in den Altersklassen 10 ( $r=0,85$ ) und 14 ( $r=0,79$ ) zeigt einen hohen Zusammenhang zwischen den beiden Variablen.

Die dentale Basis des Unterkiefers (9b, 9m) korreliert mit den Mittelgesichtsstrecken, den Variablen 16 bis 20, gering bis mittel hoch in den Altersklassen 2 bis 10. Eine Ausnahme zeigt die Transorbitabreite (20), die in der Klasse 2 mit  $r=0,81$ , Klasse 10 mit  $r=0,85$  und Klasse 14 mit  $r=0,82$  hoch korreliert. Die Strecken Sutura zygomatico-maxillaris (16) und Arcus zygomaticus (17) korrelieren mit  $r=0,83$  und  $r=0,76$  in der Altersklasse 14 hoch mit der dentalen Basis des Unterkiefers (9b, 9m).

Die apikale Basis des Unterkiefers (10) korreliert mit der skelettalen Basis des Unterkiefers (11) in den Klassen 4, 6, 10, 12 und 19 hoch miteinander, nur in den Altersklassen 2 und 8 ergeben sich mittlere Korrelationskoeffizienten.

Durchweg geringe bis mittlere Korrelationskoeffizienten kommen zwischen der apikalen Basis des Unterkiefers (10) und dem Angulus mandibulae (12) vor.

Zwischen der apikalen Basis des Unterkiefers (10) und der dentalen Basis des Oberkiefers (13b, 13m) kommen in den Altersklassen 2, 4, 6 und 8 mittlere Korrelationskoeffizienten vor. In der Altersklasse 12 hingegen wird eine sehr hohe Korrelation mit  $r=0,98$  und in der Klasse 30 eine hohe Korrelation mit  $r=0,83$  erreicht. Dies steht im deutlichen Kontrast zu den Schädeln jüngerer Alters.

Bei Betrachtung der apikalen Basis des Unterkiefers (10) zur apikalen Basis des Oberkiefers (14) stellt man mittlere Korrelationskoeffizienten von  $r=0,55$ ,  $r=0,58$  und  $r=0,59$  in den Altersklassen 4, 6 und 8 und bei den Schädeln höheren Alters etwas höhere Korrelationskoeffizienten von  $r=0,67$  und  $r=0,69$  in den Klassen 12 und 14 fest.

Die skelettale Basis des Unterkiefers (11) zeigt zum Angulus mandibulae (12) in der Altersklasse 2 nur eine geringe Korrelation von  $r=0,44$ , in den Klassen 4 bis 8 mittlere Korrelationskoeffizienten von  $r=0,58$  bis  $r=0,63$  und in der Klasse 19 eine hohe Korrelation von  $r=0,78$ . Mittlere Korrelationskoeffizienten zur dentalen Basis des Oberkiefers (13b, 13m) kommen in den Klassen 4 bis 8 und eine hohe Korrelation mit  $r=0,88$  in der Klasse 19 vor.

Der Angulus mandibulae (12) korreliert mit der dentalen Basis des Oberkiefers (13b, 13m) in allen Klassen gleichmäßig mittel hoch. Zur skelettalen Basis des Oberkiefers (15) korreliert er in den Klassen 4 bis 8 nur mittel hoch und in der Klasse 30 bei den ausgewachsenen Schädeln mit  $r=0,72$  hoch. Zu den Mittelgesichtsstrecken (16-20) sind mittlere bis hohe Zusammenhänge feststellbar, wobei die deutlichsten Zusammenhänge in der Altersklasse 14 mit  $r \geq 0,82$  vorkommen. Der Angulus mandibulae (12) korreliert in der Klasse 2 nur gering mit dem transversalen Intercondylarabstand (23). In den Klassen 4 bis 10 kommen mittlere bis hohe Korrelationskoeffizienten zwischen den beiden Variablen vor, wobei in der Klasse 14 der höchste mit  $r=0,88$  errechnet worden ist.

Die dentale Basis des Oberkiefers (13b, 13m) korreliert mit der skelettalen (15) in den Altersklassen 2 bis 10 und 12 hoch, wobei in der Klasse 10 ein sehr hoher Korrelationskoeffizient von  $r=0,93$  erreicht wird. In der Klasse 19 hingegen ist nur ein mittlerer Zusammenhang von  $r=0,7$  zwischen den beiden Variablen erkennbar. Zu den Mittelgesichtsstrecken (16-20) sind bis zur Altersklasse 10 mittlere bis hohe Zusammenhänge zu sehen. Durchweg hohe Zusammenhänge kommen in den Klassen 14 und 19 vor. Zu den



Winkeln am Os petrosum rechts (21) und links (22) sind nur in der Altersklasse 30 hohe Korrelationskoeffizienten zur dentalen Basis des Oberkiefers (13b, 13m) berechnet worden. Zum transversalen Intercondylarabstand (23) hat die dentale Basis des Oberkiefers (13b, 13m) in der Altersklasse 4 einen hohen Zusammenhang mit  $r=0,8$ . In der Klasse 6 ist nur noch ein geringer Zusammenhang zu sehen ( $r=0,43$ ), der in der Klasse 8 ansteigt ( $r=0,67$ ), in der Klasse 10 schon einen hohen Wert ( $r=0,78$ ) und in der Klasse 12 einen sehr hohen Korrelationskoeffizienten von  $r=0,97$  annimmt.

Die apikale Basis des Oberkiefers (14) korreliert mittel bis hoch zu den Variablen 15 bis 23. Es sind keine deutlichen Veränderungen in den Altersklassen zu erkennen.

Die skelettale Basis des Oberkiefers (15) korreliert mit den Variablen 16 bis 20 mittel bis hoch, wobei in der Altersklasse 14 die höchsten Korrelationskoeffizienten zu sehen sind.

Die Mittelgesichtsstrecken (16-20) korrelieren untereinander hoch miteinander, ebenso wie zum transversalen Intercondylarabstand (23). Im Verlauf der Altersgruppen ist keine deutliche Veränderung zu erkennen.

Der Winkel am Os petrosum rechts (21) und links (22) korreliert in allen Altersklassen nur untereinander hoch bis sehr hoch mit der zuvor beschriebenen Ausnahme in der Altersklasse 30.

Die Summe der Inzisivi im Ober- und Unterkiefer (24, 25) korrelieren ab der Altersklasse 8 hoch untereinander.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass bei allen Variablen die Korrelationskoeffizienten im Verlauf der Altersklassen keine deutlichen Veränderungen zeigen. Daher wurde zusätzlich eine partielle Korrelation für die Milch- und die bleibenden Zähne erstellt und dabei das Alter als Störvariable herausgerechnet.

### 3.6 Partielle Korrelation

In den folgenden partiellen Korrelationen (Tabelle 3-5, Tabelle 3-6) sind die Variablen der Altersklassen 2 bis 30 enthalten. Die Altersklasse 30 ist in die Berechnung trotz unausgewogener Geschlechtsverteilung mit eingeflossen, da man davon ausgeht, dass das Verhältnis zwischen zwei Messstrecken, z. B. zwischen Ober- und Unterkiefer, bei Frauen und Männern gleich ist.

Im Verlauf des Alters findet Wachstum statt und somit zeigen alle Variablen, mit Ausnahme der Zahnbreiten, einen bestimmten Zusammenhang zum „step function“ Alter. Damit sich keine Scheinkorrelationen zwischen den Variablen untereinander ergeben, wurde das „step function“ Alter als Störvariable aus der Korrelationsmatrix herausgerechnet.

Es wurden zwei partielle Korrelationen ermittelt. Die erste beinhaltet die Variablen 9 bis 23, wobei bei den Variablen 9m und 13m die dentale Basis der Milchzähne verwendet wurde (Tabelle 3-5). Die zweite beinhaltet die Variablen 9 bis 25, wobei bei den Variablen 9b und 13b die dentale Basis der bleibenden Zähne in die Berechnung einging (Tabelle 3-6).

Die Korrelationskoeffizienten  $r \geq 0,7$  sind durch Fettdruck hervorgehoben. Die Korrelation ist auf dem Niveau von  $p < 0,05$  signifikant. Alle Werte, für die die Fehlerwahrscheinlichkeit  $p > 0,05$  ist, werden nicht dargestellt.

**Tabelle 3-5:** Partielle Korrelation der Variablen 9 bis 23 (Milchzähne)  
für die Altersklassen 2 bis 30

	9m	10	11	12	13m	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
9m	1														
10	,71	1													
11	,67	,75	1												
12	,49	,36	,48	1											
13m	,73	,55	,65	,52	1										
14	,46	,39	,34	,27	,54	1									
15	,55	,21	,22	,69	,77	,47	1								
16	,37	,24	,22	,62	,59	,36	,80	1							
17	,45	,32	,33	,75	,58	,37	,80	,84	1						
18	,31	,23	,29	,78	,43	,28	,73	,70	,85	1					
19	,37	,28	,33	,77	,55	,32	,75	,78	,96	,88	1				
20	,48	,30	,34	,56	,46	,35	,74	,73	,78	,64	,68	1			
21													1		
22													,70	1	
23	,41	,21	,28	,74	,52	,35	,79	,75	,90	,80	,90	,65			1

Die dentale Basis der Milchzähne im Unterkiefer (9m) korreliert mittelstark ( $r=0,73$ ) mit der dentalen Basis der Milchzähne im Oberkiefer (13m) und der apikalen Basis des Unterkiefers (10) ( $r=0,71$ ). Etwas schwächer korreliert die dentale Basis der Milchzähne des Unterkiefers (9m) zur skelettalen Basis des Unterkiefers (11) ( $r=0,67$ ), und ein mittlerer Zusammenhang mit  $r=0,55$  ist zur skelettalen Basis des Oberkiefers (15) erkennbar. Mit allen anderen Messstrecken sind nur noch geringe Korrelationen feststellbar (siehe Tabelle 3-5).

Die apikale Basis des Unterkiefers (10) korreliert am stärksten mit der skelettalen Basis des Unterkiefers (11) mit  $r=0,75$ . Mittel hoch korreliert die apikale Basis des Unterkiefers (10) mit der dentalen Basis der Milchzähne des Unterkiefers (9m) mit  $r=0,71$  und noch etwas schwächer mit  $r=0,55$  korreliert sie mit der dentalen Basis der Milchzähne des Oberkiefers (13m). Zu allen anderen Strecken sind nur noch geringe Korrelationen erkennbar (siehe Tabelle 3-5).

Der Zusammenhang der skelettalen Basis des Unterkiefers (11) zur dentalen Basis der Milchzähne des Unterkiefers (9m) und apikalen Basis (10) des Unterkiefers verhält sich wie in den beiden vorherigen Absätzen schon beschrieben. Ein mittlerer Zusammenhang besteht mit  $r=0,65$  zur dentalen Basis der Milchzähne des Oberkiefers (13m). Zu

allen anderen Strecken weist die skelettale Basis des Unterkiefers (11) nur geringe Korrelationskoeffizienten auf (siehe Tabelle 3-5).

Die Messstrecke am Angulus mandibulae (12) korreliert hoch mit Werten über  $r \geq 0,74$  mit dem Arcus zygomaticus (17), der Biauricularbreite (18), der Bizygomaticumbreite (19) und dem transversalen Intercondylarabstand (23). Etwas schwächer korreliert sie mit der skelettalen Basis des Oberkiefers (15) ( $r=0,69$ ) und der Sutura zygomaticomaxillaris (16) ( $r=0,62$ ). Mittel hohe Zusammenhänge mit dem Angulus mandibulae (12) erkennt man zur Transorbitabreite (20) ( $r=0,56$ ) und zur dentalen Basis der Milchzähne des Oberkiefers (13m) ( $r=0,52$ ). Zu den anderen Messstrecken sind nur noch geringe Korrelationskoeffizienten feststellbar (siehe Tabelle 3-5).

Der Zusammenhang der dentalen Basis der Milchzähne des Oberkiefers (13m) zur dentalen- (9m), apikalen- (10) und skelettalen (11) Basis des Unterkiefers und zum Angulus mandibulae (12) wurde schon beschrieben. Ein hoher Zusammenhang ist zur skelettalen Basis des Oberkiefers (15) mit  $r=0,77$  erkennbar. Mittel hohe Korrelationskoeffizienten bestehen zur apikalen Basis des Oberkiefers (14) ( $r=0,54$ ), Sutura zygomaticomaxillaris (16) ( $r=0,59$ ), zum Arcus zygomaticus (17) ( $r=0,58$ ), zur Bizygomaticumbreite (19) ( $r=0,55$ ) und zum transversalen Intercondylarabstand (23) ( $r=0,52$ ). Alle anderen Variablen korrelieren mit der dentalen Basis des Oberkiefers (13m) nur gering (siehe Tabelle 3-5).

Die apikale Basis des Oberkiefers (14) korreliert, über die schon beschriebenen Beziehungen hinaus, nur noch gering zu den anderen Variablen (siehe Tabelle 3-5).

Die skelettale Basis des Oberkiefers (15) korreliert, zusätzlich zu den schon beschriebenen Variablen, hoch zu den Variablen 16 bis 20 und 23 (siehe Tabelle 3-5).

Die Messstrecken im Mittelgesicht (16 bis 20) korrelieren untereinander alle hoch mit  $r \geq 0,7$ . Eine Ausnahme bilden die Korrelationskoeffizienten der Biauricularbreite (18) und Bizygomaticumbreite (19) mit der Transorbitabreite (20). Hier sind die Korrelationskoeffizienten etwas kleiner mit Werten  $r=0,64$  und  $r=0,68$ . Sehr hoch korrelieren der Arcus zygomaticus (17) und die Bizygomaticumbreite (19) mit  $r=0,96$ . Die Mess-

strecken im Mittelgesicht korrelieren hoch mit dem transversalen Intercondylarabstand (23) mit Werten von  $r=0,75$  bis  $r=0,9$ . Eine Ausnahme bildet die Transorbitabreite (20), die mit  $r=0,65$  mit dem transversalen Intercondylarabstand (23) korreliert (siehe Tabelle 3-5).

Die Winkel am Os petrosum rechts (21) und links (22) korrelieren nur untereinander mit  $r=0,7$  (siehe Tabelle 3-5).

**Tabelle 3-6:** Partielle Korrelation der Variablen 9 bis 25 (bleibende Zähne)  
für die Altersklassen 2 bis 30

	9b	10	11	12	13b	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
9b	1																
10	,71	1															
11	,57	,75	1														
12		,36	,48	1													
13b	,69	,62	,50	,47	1												
14		,39	,34	,27	,47	1											
15		,21	,22	,69	,72	,47	1										
16		,24	,22	,62	,71	,36	,80	1									
17		,32	,33	,75	,85	,37	,80	,84	1								
18		,23	,29	,78	,70	,28	,73	,70	,85	1							
19		,28	,33	,77	,80	,32	,75	,78	,96	,88	1						
20		,30	,34	,56	,71	,35	,74	,73	,78	,64	,68	1					
21													1				
22													,70	1			
23		,21	,28	,74	,87	,35	,79	,75	,90	,80	,90	,65			1		
24							,45	,23	,21	,22	,27	,28				1	
25							,51	,40	,46	,36	,50	,50			,50	,71	1

Die Tabelle 3-6 zeigt, dass bei den Variablen 9 und 13 Veränderungen in den Korrelationskoeffizienten im Vergleich zur Tabelle 3-5 aufgetreten sind, da hier anstelle der Milchzähne die Variablen mit den bleibenden Zähnen vorkommen. Die Variablen 24 und 25 sind in der Tabelle 3-6 neu hinzugekommen, da man diese Variablen nur mit den bleibenden Zähnen berechnen konnte. Die veränderten Korrelationskoeffizienten sind in der Tabelle 3-6 grau unterlegt. Im folgenden Text werden nur noch die grau unterlegten Variablen beschrieben.

Die dentale Basis der bleibenden Zähne im Unterkiefer (9b) korreliert mit  $r=0,71$  mittel hoch zur apikalen Basis des Unterkiefers (10) und mit  $r=0,57$  etwas niedriger mit der skelettalen Basis des Unterkiefers (11). Mit der dentalen Basis der bleibenden Zähne des Oberkiefers (13b) korreliert die dentale Basis der bleibenden Zähne des Unterkiefers (9b) mit  $r=0,69$  mittel hoch (siehe Tabelle 3-6).

Mit der apikalen Basis des Unterkiefers (10) korreliert die dentale Basis der bleibenden Zähne des Oberkiefers (13b) mittel hoch mit  $r=0,62$ . Zur skelettalen Basis des Unterkiefers (11) ( $r=0,5$ ), zum Angulus mandibulae (12) ( $r=0,47$ ) und zur apikalen Basis des Oberkiefers (14) ( $r=0,47$ ) hat die dentale Basis der bleibenden Zähne des Oberkiefers (13b) nur noch einen geringen Zusammenhang. Hoch hingegen korreliert die dentale Basis der bleibenden Zähne des Oberkiefers (13b) zu den Mittelgesichtsstrecken, den Variablen 15 bis 20 und 23, mit  $r=0,71$  bis  $r=0,87$  (siehe Tabelle 3-6).

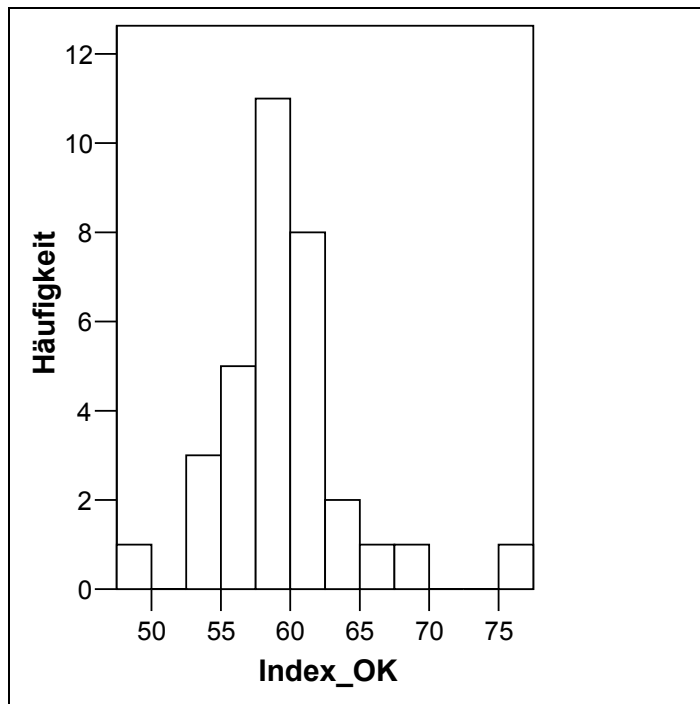
Die Korrelationen der Summe der Inzisivi im Ober- (24) und Unterkiefer (25) zu allen anderen Messstrecken sind nur noch gering. Untereinander korrelieren sie mit  $r=0,71$  mittel hoch (siehe Tabelle 3-6).

### 3.7 Überprüfung des Pont'schen Index

Die Histogramme wurden zur Darstellung des Ober- und Unterkiefer-Index verwendet. In Anlehnung an Pont [1909] (siehe Kapitel 1.5) wurde in der vorliegenden Studie zur Berechnung des Index-Wertes für den Oberkiefer (Index OK) folgende Formel benutzt:

$$Index\ OK = \frac{SIOK \cdot 100}{\text{dentale Basis im Oberkiefer der bleibenden Zähne}}$$

Die Zahnbreitensumme der Inzisivi im Oberkiefer (SIOK(24)) und die dentale Basis nur der bleibenden Zähne im Oberkiefer (13b) wurde in der Formel verwendet. Für jeden Schädel, bei dem die entsprechenden Werte vorlagen, wurde der Index für den Oberkiefer berechnet. Die berechneten Indexwerte für den Oberkiefer werden in der Abbildung 3-26 in Form eines Histogramms dargestellt.



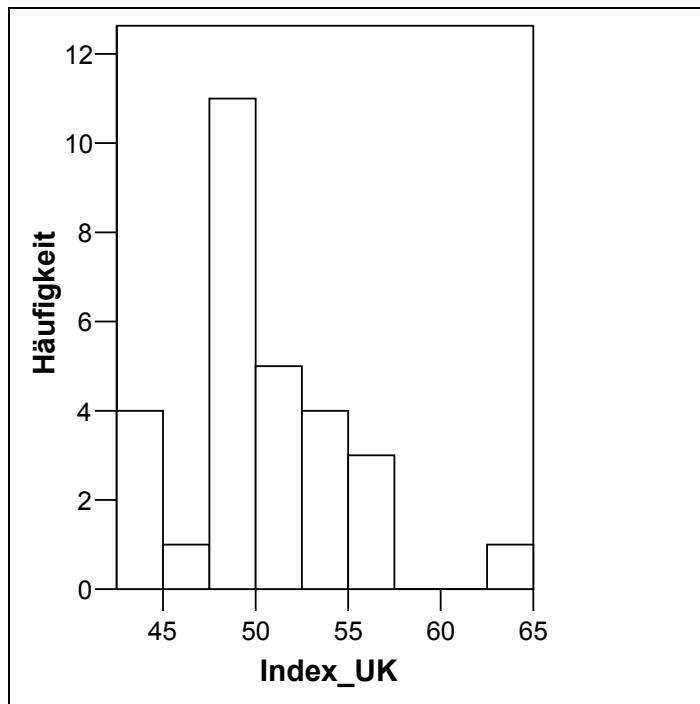
**Abbildung 3-26:** Histogramm für den Index OK (n=33, Mittelwert=59,73, SD=4,65)

Das Histogramm zeigt auf der Abszisse die berechneten Indexwerte des Oberkiefers für n=33 Fälle und auf der Ordinate die Häufigkeit dieser Werte.

Der Index für den Unterkiefer (Index UK) wurde in gleicher Weise nach folgender Formel berechnet:

$$Index\ UK = \frac{SIUK \cdot 100}{dentale\ Basis\ im\ Unterkiefer\ der\ bleibenden\ Zähne}$$

Die Zahnbreitensumme der Inzisivi im Unterkiefer (SIUK(25)) und die dentale Basis nur der bleibenden Zähne im Unterkiefer (9b) wurde in der Formel verwendet. Die berechneten Indexwerte für den Unterkiefer werden ebenfalls in Form eines Histogramms in der Abbildung 3-27 dargestellt.



**Abbildung 3-27:** Histogramm für den Index UK (n=29, Mittelwert=50,48, SD=4,43)

Das Histogramm zeigt auf der Abszisse die berechneten Indexwerte des Unterkiefers für n=29 Fälle und auf der Ordinate die Häufigkeit dieser Werte.

Für die Schädel, bei denen der Index OK und UK berechnet werden konnte, ist für die Zahnbreitensumme der Inzisivi im Ober- und Unterkiefer (SIOK(24)/ SIUK(25)), sowie der dentalen Basis im Ober- und Unterkiefer (13b/ 9b) der Mittelwert, die Standardabweichung, das Minimum und das Maximum berechnet worden (siehe Tabelle 3-7).

**Tabelle 3-7:** Variationsbreite der für den Index OK/UK berechneten Variablen: Fallzahl (n), Mittelwert in mm (MW), Standardabweichung in mm (SD), Minimum in mm (Min), Maximum in mm (Max)

Nr.	Variable	n	MW	SD	Min	Max
24	SIOK	33	29,31	1,98	25,24	34,20
13b	d_b_o_b	33	49,17	2,55	44,89	53,41
25	SIUK	29	21,94	1,28	18,66	24,66
9b	d_b_u_b	29	43,64	2,69	36,10	47,31



Der Kolmogorov-Smirnov-Test wurde zur Überprüfung der Index-Werte für den Ober- und Unterkiefer auf Normalverteilung durchgeführt. Die Irrtumswahrscheinlichkeit für den Index OK beträgt  $p=0,43$  und für den Index UK  $p=0,87$ .

Eine signifikante Abweichung von der Normalverteilung besteht bei  $p<0,05$ . Dies bedeutet, dass sowohl die Werte für den Index OK, als auch die für den Index UK normal verteilt sind.

## 4 Diskussion

### 4.1 Fehlerdiskussion

Im folgenden Abschnitt wird eine Fehlerdiskussion für zufällige und systematische Methodenfehler durchgeführt.

Ablesefehler, welche zu den zufälligen Fehlern zählen, können bei allen Messungen mit der elektronischen Schieblehre ausgeschlossen werden, da die Übertragung der Messwerte an den Personal Computer digital erfolgte.

Systematische Fehler bei den Zahnbreitenmessungen (1 bis 8) sind in den Fällen aufgetreten, bei denen die Messlehre aufgrund der Breite ihrer Branchen oder Zahnstellungsanomalien nicht exakt zwischen die Approximalkontakte der Zähne geführt werden konnte. Der Methodenfehler hierbei war jedoch sehr gering. Der kleinste Wert mit 0,03 mm war beim Zahn 42 festzustellen, der größte mit 0,1 mm beim Zahn 11 (siehe Tabelle 3-1).

Die dentale Basis des Unterkiefers (9) wurde an den zweiten Milchmolaren bzw. an den zweiten bleibenden Prämolaren gemessen. Daraus resultierte ein leicht differierender Messpunkt, der sich als systematischer Fehler äußert. Dieser lässt sich aufgrund des Wechsels der Dentition nicht vermeiden. Der Methodenfehler ist auch bei diesem Messpunkt mit 0,1 mm sehr gering ausgefallen (siehe Tabelle 3-1).

Bei der apikalen Basis des Unterkiefers (10) ist ein Methodenfehler von 0,41 mm (siehe Tabelle 3-1) aufgetreten. Ein Grund hierfür liegt in der Problematik der Messpunkt-festlegung. Die Linea mylohyoidea, welche als Schnittpunkt mit der projizierten Laserlinie genutzt wurde, ist unterschiedlich gut ausgeprägt. Bei schlechter Ausprägung ist der Messpunkt nicht immer eindeutig festlegbar.

Der Methodenfehler der skelettalen Basis des Unterkiefers (11) beträgt 0,45 mm (siehe Tabelle 3-1). Dieser Fehler entsteht dadurch, dass der kaudalste Punkt des Unterkiefer-randes, welcher den Schnittpunkt mit der Laserlinie bildet, nur näherungsweise ermittelt werden konnte.

Die Messstrecke am Angulus mandibulae (12) ist bei einem Methodenfehler von nur 0,15 mm (siehe Tabelle 3-1) sehr genau.

Bei der dentalen Basis des Oberkiefers (13) ist wie bei der dentalen Basis des Unterkiefers (9) ein systematischer Fehler aufgrund des Wechsels der Dentition aufgetreten, der auch hier nicht zu vermeiden ist. Der Methodenfehler ist mit 0,27 mm (siehe Tabelle 3-1) sehr gering.

Die apikale Basis des Oberkiefers (14) weist einen Methodenfehler von 0,51 mm (siehe Tabelle 3-1) auf. Dieser Fehler könnte dadurch entstanden sein, dass eine Hilfslinie an der distalen Fläche des zweiten Milchmolaren bzw. des zweiten bleibenden Prämolaren parallel zur Zahnachse nur näherungsweise bestimmt worden ist. Die apikale Basis des Oberkiefers (14) liegt auf der Hilfslinie am Übergang des Os palatinum zum Processus alveolaris. Dieser Punkt ist anatomisch nicht immer eindeutig zu finden, da ein fließender Übergang vom Processus alveolaris zum Os palatinum besteht.

Ein Methodenfehler von 0,48 mm (siehe Tabelle 3-1) ist bei der skelettalen Basis des Oberkiefers (15) aufgetreten. Dieser Fehler ist ebenfalls in der Schwierigkeit der Messpunktfestlegung begründet, da der kranialste Punkt des Processus alveolaris maxillae anatomisch nicht eindeutig festlegbar ist.

Bei der Messstrecke Sutura zygomaticomaxillaris (16) ist durch den kaudalsten Punkt der Sutura der Messpunkt anatomisch eindeutig definiert. Der Methodenfehler von 0,24 mm (siehe Tabelle 3-1) ist entsprechend sehr klein.

Die Schädelbreite, an den Arci zygomatici (17) gemessen, weist einen sehr geringen Methodenfehler von nur 0,11 mm auf (siehe Tabelle 3-1).

## **4.2 Postnatales quantitatives transversales Wachstum des Gesichtsschädels**

Nachdem in der Einleitung die Grundlagen des Schädelwachstums, der Wachstumsprozesse sowie das postnatale Wachstum bereits erläutert worden sind, soll im Folgenden das postnatale, quantitativ-transversale Wachstum des Gesichtsschädels diskutiert werden. In diesem Zusammenhang sei noch einmal erwähnt, dass wir eine Einteilung der Schädel in Altersklassen vorgenommen haben, mit einer Intervallbreite von 2 Jahren. Beim Vergleich unserer Ergebnisse mit denen anderer Studien werden wir nicht die absoluten Größen miteinander vergleichen, sondern Mittelwertdifferenzen, um das quantitative Wachstum zu diskutieren.

Im Vorgriff auf die Diskussion der Einzelergebnisse sei kurz auf einige Aspekte hingewiesen, die übergreifende Bedeutung haben.

Barsley und Lancaster [1987] stellten ethnische Unterschiede zwischen einer weißen und einer schwarzen Population im Untersuchungszeitraum vom 14. bis 27. Lebensjahr fest, in deren Untersuchung die Zahnbogenbreite vermessen wurde. Sowohl im Ober- als auch im Unterkiefer konnten ethnische Unterschiede in der absoluten Größe von 1,9 mm festgestellt werden.

Vergleichbare Studien, die ethnische Unterschiede in der absoluten Größe von Messstrecken aufzeigen, findet man auch bei Wei [1970], Lavelle et al. [1971], Smith und Bailit [1977], Aboul-Azm und Korayem [1987], Barsley und Lancaster [1987], Sarhan und Diwan [1987], Basyouni und Nanda [2000], Hassanali und Odhiambo [2000].

Björk et al. [1984] verglichen eine dänische Population mit einem australischen Aborigine. Der Untersuchungszeitraum umfasste das Alter von 7 Jahren und 7 Monaten bis zum 18. Lebensjahr, und es wurde nicht nur ein Unterschied in den absoluten Maßen, sondern auch im Wachstum festgestellt. Die Oberkieferbimolarbreite zeigte bei dem Aborigine ein Wachstum von 7,0 mm, im Unterkiefer von 2,1 mm. Entsprechend wurde bei der dänischen Population im Oberkiefer ein Wachstum von 3,1 mm, im Unterkiefer von 0,3 mm ermittelt. Die Autoren folgerten daraus, dass rassenspezifische Unterschiede bei der Vergleichbarkeit der Messwerte zu berücksichtigen seien. Unterschiedliche rassenspezifische Wachstumsmuster würden auch beim Vergleich von Mittelwertdifferenzen einer Population mit einer anderen unterschiedliche Ergebnisse bedingen.

Viele Studien zeigen Unterschiede zwischen den Geschlechtern auf. Männliche Probanden wachsen stärker als weibliche [Savara und Singh 1968; Knott 1972; Moyers et al. 1976; Ortega und Aguila 1986; Barsley und Lancaster 1987; Sarhan und Diwan 1987; Moyers 1988; Athanasiou et al. 1992; Snodell et al. 1993; Tsujino und Machida 1998; Lee 1999; Hassanali und Odhiambo 2000; Lux et al. 2003, 2004]. Die Größenveränderung der Zahnbogenbreite im Verlauf des Schädelwachstums zeigte hingegen zwischen den Geschlechtern nur einen geringen Unterschied auf [Knott 1972; Tsujino und Machida 1998], so dass ein Einfluss des Geschlechtes bezüglich der Zahn-

bogenbreite vernachlässigbar ist. Unterschiede treten dann auf, wenn man eine unausgewogene Geschlechterverteilung mit zum Beispiel überwiegend männlichen Wachstumsmustern mit einer Studie mit überwiegend weiblichen Wachstumsmustern vergleicht. Aus diesem Grunde vergleichen wir die Ergebnisse der Altersklasse 30 unserer Studie, mit einer unausgewogenen Geschlechtsverteilung (siehe Tabelle 2-3), nicht mit anderen Studien.

Bei Betrachtung der Streudiagramme fällt bei den Mittelgesichtsstrecken (16-20) sowie am Ramus mandibulae (12 und 23) eine Verringerung des Wachstums mit dem 8. Lebensjahr auf. Scott [1957] untersucht in einer Studie das suturale Wachstum des Schädels und beschreibt, wie bereits in der Einleitung (siehe 1.3 Postnatales Schädelwachstum) erwähnt, dass nach dem dritten Lebensjahr kein Transversalwachstum im Bereich der Sutura frontalis, Symphysis mandibularis, des Os sphenoidale, des Os cribriforme und des Os ethmoidale mehr stattfinden kann, da diese verknöchern. Im Bereich der Maxilla hingegen sowie im Bereich der Sutura zygomaticomaxillaris findet noch suturales Wachstum nach dem 3. Lebensjahr statt, welches sich nach dem Durchbruch der Milchzähne verringert und kurz nach dem 7. Lebensjahr, mit Beginn des Durchbruchs der bleibenden Zähne, einstellt. Nach dieser Zeit findet Transversalwachstum an den Oberflächen nur noch durch Apposition statt. Unsere Mittelgesichtsstrecken (16-20) stehen in Beziehung zur Maxilla und zum Os zygomaticum. Die in unserer Studie festgestellte Verringerung des Wachstums mit dem 8. Lebensjahr könnte mit dem Wegfall des suturalen Wachstums verbunden sein.

Im folgenden Abschnitt wird nun das postnatale Schädelwachstum nacheinander für die drei Bereiche Mittelgesicht und Schädelbasis, Mandibula und Alveolarfortsätze diskutiert, wobei die Quantität des Wachstums mit Hilfe von Mittelwertdifferenzen untersucht wird.

#### **4.2.1 Quantitatives transversales Wachstum des Mittelgesichtes und der Schädelbasis**

Das quantitative transversale Wachstum des Mittelgesichtes wird in dieser Studie durch die Messstrecken Sutura zygomaticomaxillaris (16), Arcus zygomaticus (17), Biaurikularbreite (18), Bizygomaticumbreite (19) und Transorbitabreite (20) untersucht. Die Schädelbasis wurde durch zwei Winkel am Os petrosum rechts (21) und links (22) vermessen.

##### **4.2.1.1 Quantitatives Wachstum der Sutura zygomaticomaxillaris (16)**

In einer Studie von Singh und Savara [1966] wurden 50 Mädchen nordwesteuropäischer Abstammung im Alter von 3 bis 16 Jahren mittels frontal angefertigter Röntgenbilder jährlich untersucht. Vermessen wurde die Strecke zwischen dem tiefsten Punkt der Sutura zygomaticomaxillaris, entsprechend unserer Messstrecke der Sutura zygomaticomaxillaris (16). In einer zweiten Studie führten Savara und Singh [1968] dieselbe Messung in gleicher Weise an denselben anatomischen Punkten an 52 Jungen (3-16 Jahre) nordwesteuropäischer Abstammung durch. Die Messwertstreckendifferenz betrug bei den Mädchen zwischen 4 und 14 Jahren 11,3 mm, bei den Jungen 14,1 mm, gemittelt 12,7 mm. Aufgrund der ausgewogenen Geschlechtsverteilung ist ein Vergleich mit unserer Studie gut möglich, die zwischen den Altersklassen 4 und 14 ein Wachstum von 14,9 mm ergab (siehe Tabelle 10-12). Diese Differenz liegt im Rahmen der Standardabweichung der Mittelwerte der Altersgruppen (Savara/Singh: Mädchen 4 Jahre 3,5 mm, 14 Jahre 3,4 mm, Jungen 4 Jahre 3,9 mm, 14 Jahre 4,8 mm; unsere Studie: Altersklasse 4 3,9 mm, Altersklasse 14 5,2 mm) und kann somit statistisch durch individuelle Unterschiede erklärt werden.

In unseren Messergebnissen der Sutura zygomaticomaxillaris (16) zeigt sich ab dem 8. Lebensjahr eine Verringerung des Wachstums (siehe Abbildung 3-16). Eine entsprechende Entwicklung ist auch in den Studien von Savara und Singh [1968] sowie Singh und Savara [1966] ab dem 9. Lebensjahr feststellbar.

#### **4.2.1.2 Quantitatives Wachstum des Arcus zygomaticus (17) / der Bizygomaticumbreite (19)**

Die Messstrecke am Arcus zygomaticus (17), welche an der Außenseite vermessen worden ist, zeigt von der Altersklasse 2 (87,8 mm) bis 19 (116,9 mm) eine Messstreckenzunahme von 29,1 mm (siehe Tabelle 3-2). Die Messstrecke der Bizygomaticumbreite (19), welche an der Innenseite vermessen worden ist, zeigt von der Altersklasse 2 (85,8 mm) bis 8 (102,4 mm) ein deutliches Wachstum, welches sich anschließend bis zur Altersklasse 19 (109,8 mm) etwas abschwächt (siehe Tabelle 10-12). Insgesamt beträgt die Messstreckenzunahme hier 24,0 mm (siehe Tabelle 3-2). Folglich nimmt der Arcus zygomaticus zwischen den Altersklassen 2 und 19 in der Dicke um 5,1 mm zu.

Die Ergebnisse der Studie von Woods [1950], der von 14 männlichen und 14 weiblichen Probanden im Alter von 3 bis 15 Jahren frontale Röntgenbilder anfertigte, zeigen bezüglich der Bizygomaticumbreite eine gute Übereinstimmung mit unseren Ergebnissen, vermessen am Arcus zygomaticus (17). Woods [1950] ermittelt eine Wachstumsdifferenz in dem oben genannten Zeitraum für die männlichen Probanden von 23,6 mm, für die weiblichen von 22,3 mm, gemittelt 22,9 mm. Das entsprechende Ergebnis der vorliegenden Studie für die Wachstumsdifferenz der Altersklassen 2 und 14 beträgt 23,8 mm (siehe Tabelle 10-12).

In der Studie von Basyouni und Nanda [2000] wurden 30 männliche und 30 weibliche Personen im Alter von 5 bis 18 Jahren, anhand von jährlich angefertigten postero-anterior Röntgenbildern, untersucht. Die Untersuchungsgruppe war von nordwest-europäischer Herkunft, die Probanden ohne kieferorthopädische Behandlung. Da die Anzahl der männlichen und weiblichen Probanden jeweils gleich groß ist, ist eine Mittelwertbildung zum Vergleich mit unserer Studie -die hier keine Differenzierung nach Geschlecht vornimmt- möglich. In dieser Studie wurde ebenfalls die Bizygomaticumbreite vermessen, was in der vorliegenden Arbeit dem Messwert am Arcus zygomaticus (17) entspricht. Das Wachstum zwischen dem 5. und 18. Lebensjahr betrug bei den männlichen Probanden 25,9 mm und bei den weiblichen 21,7 mm, gemittelt 23,8 mm. In der vorliegenden Studie wurde eine Mittelwertdifferenz zwischen der Altersklasse 4 und 19 in Höhe von 22,9 mm ermittelt (siehe Tabelle 10-12), welche ebenfalls gut mit den Ergebnissen von Basyouni und Nanda [2000] übereinstimmt. In

unserer Arbeit zeigt das Streudiagramm des Arcus zygomaticus (17) (siehe Abbildung 3-17) eine Wachstumsabnahme im Alter von 8 Jahren. In der Studie von Basyouni und Nanda [2000] wurde eine leichte Abnahme des Wachstums im Alter von 5 bis 11 Jahren festgestellt.

#### **4.2.1.3 Quantitatives Wachstum der Biauricularbreite (18)**

In unserer Studie fand sich für die Biauricularbreite (18) ein deutliches Wachstum von der Altersklasse 2 (70,3 mm) bis 8 (87,3 mm), welches sich anschließend bis zur Altersklasse 19 (94,7 mm) etwas abschwächt (siehe Abbildung 3-18, Tabelle 3-2). Insgesamt beträgt die Breitenzunahme 24,5 mm (Tabelle 3-2). Dies entspricht nahezu dem transversalen Wachstum der in unmittelbarer Nähe liegenden Kondylen (siehe Tabelle 3-2). In der Studie von Athanasiou et al. [1992] wurde der ebenfalls in unmittelbarer Nähe liegende Abstand zwischen den tiefsten Punkten des Processus mastoideus vermessen. Im Alter von 6 bis 15 Jahren wurde eine Mittelwertdifferenz von 8,9 mm ermittelt, in unserer Studie von der Altersklasse 6 und 14 von 10 mm (siehe Tabelle 10-12). Dies zeigt ebenfalls eine gute Übereinstimmung der Studienergebnisse.

#### **4.2.1.4 Quantitatives Wachstum der Transorbitabreite (20)**

In der Studie von Basyouni und Nanda [2000] wurde die bilatero-orbitale Breite zwischen den bilatera-orbitalen Punkten vermessen. Diese wurden definiert als die Kreuzung der lateralen Orbitawand mit dem großen Sphenoidalflügel. Das Wachstum vom 5. bis 18. Lebensjahr betrug bei den männlichen Probanden 11,9 mm und bei den weiblichen 10,6 mm, gemittelt 11,3 mm. Festgestellt wurde eine Abnahme des Wachstums bei den männlichen Testpersonen mit dem 15., bei den weiblichen mit dem 13. Lebensjahr. Vergleicht man diese Werte mit der Transorbitabreite (20) aus unserer Studie, welche eine Mittelwertdifferenz zwischen der Altersklasse 4 und 19 von 11,5 mm aufweist (Tabelle 10-12), stellt man eine große Übereinstimmung fest. Anhand des Streudiagramms für die Transorbitabreite (20) (siehe Abbildung 3-20) erkennt man ab dem 8. Lebensjahr eine Abflachung der Wachstumskurve, welches mit der in der Arbeit von Basyouni und Nanda [2000] festgestellten Wachstumsabnahme im Alter von 13 beziehungsweise 15 Jahren nicht übereinstimmt.



In der Studie von Athanasiou et al. [1992] wurden 157 weibliche und 431 männliche Probanden im Alter von 6 bis 15 Jahren ohne kieferorthopädische Vorbehandlung untersucht. Es wurden postero-anterior Röntgenaufnahmen angefertigt und das Transversalwachstum gemessen zwischen den Latero-Orbitalpunkten, welche durch den Schnittpunkt der lateralen Orbiterkontur mit der „innominate line“ gebildet werden. Letztere ist ein radiologischer Terminus, der einen Schatten bezeichnet, den der Ala majores sphenoidalis wirft. Die Mittelwertdifferenz vom 6. bis 14. Lebensjahr betrug 7,8 mm. In unserer Studie weist die Transorbitabreite (20) zwischen den Altersklassen 6 und 14 eine Mittelwertdifferenz von 6 mm auf (Tabelle 10-12).

Athanasiou et al. [1992] fanden für die Transorbitabreite keine Unterschiede zwischen den Geschlechtern. Wei [1970], Ingerslev und Solow [1975], Aboul-Azm und Korayem [1987] sowie Basyouni und Nanda [2000] hingegen beschreiben geschlechtsspezifische Unterschiede, wobei die männlichen Probanden jeweils größeres Wachstum zeigen als die weiblichen.

Aufgrund der Dominanz der männlichen Probanden in der Studie von Athanasiou et al. [1992] könnten möglicherweise die etwas größeren Messergebnisse, im Vergleich zu denen in unserer Studie, erklärt werden.

#### **4.2.1.5 Quantitatives Wachstum des Winkels am Os petrosum rechts (21) und links (22)**

Das Quantitative transversale Wachstum der Schädelbasis wird in unserer Studie durch die Winkel am Os petrosum rechts (21) und links (22) untersucht. Bemerkenswert ist, dass in unserer Studie der Winkel am Os petrosum rechts (21) in der Altersklasse 2 (56,8 Grad) bis 19 (53,9 Grad) eine kontinuierliche Abnahme um 2,9 Grad zeigte (siehe Abbildung 3-21, Tabelle 3-2). Ebenso zeigte der Winkel am Os petrosum links (22) in der Altersklasse 2 (57,2 Grad) bis 19 (54,3 Grad) eine kontinuierliche Abnahme um 2,9 Grad (siehe Abbildung 3-22, Tabelle 3-2). Nach unserem Wissen liegen hierzu keine vergleichbaren Studien bzw. Messwerte vor. Bei deutlichem Transversalwachstum des Mittelgesichts (siehe Variablen 16 bis 20) ist eine Verkleinerung des Winkels zu erwarten, da sich andernfalls, bei einer Vergrößerung des Winkels, die weiter anterior davon gelegenen Strukturen transversal verkleinern müssten. Blicke der Winkel unver-

ändert, könnte sich das Transversalwachstum nur durch sagittales Wachstum des Mittelgesichts vollziehen.

#### **4.2.2 Quantitatives transversales Wachstum der Mandibula**

Das quantitative transversale Wachstum der Mandibula wird in dieser Studie durch die Messstrecken am Angulus mandibulae (12) und den transversalen Intercondylarabstand (23) untersucht.

##### **4.2.2.1 Quantitatives Wachstum am Angulus mandibulae (12)**

In der Studie von Basyouni und Nanda [2000] wurde die Bigonialbreite, entsprechend der Transversalmessung am Angulus mandibulae (12) in unserer Studie, vermessen. Ein Wachstum zwischen dem 5. und 18. Lebensjahr wurde dort mit 24,2 mm bei den männlichen Probanden, mit 20,2 mm bei den weiblichen, gemittelt 22,2 mm, festgestellt. Unsere Studie ermittelte eine Wachstumsdifferenz zwischen den Altersklassen 4 und 19 für den Angulus mandibulae (12) in Höhe von 17,4 mm (siehe Tabelle 10-12), ein um 4,9 mm kleinerer Wert. Ursache hierfür könnte die in unserem Fall ermittelte relativ hohe Standardabweichung sein, die in der Altersklasse 4 bei 4,6 mm, in der Altersklasse 19 bei 6 mm liegt (siehe Tabelle 10-12). Im Vergleich dazu wurde bei den Ergebnissen von Basyouni und Nanda [2000] im Alter von 5 Jahren bei den männlichen Probanden eine Standardabweichung von 4,1 mm, bei den weiblichen von 3,8 mm berechnet. Im Alter von 18 Jahren betrug sie 6,0 mm (männlich) bzw. 4,6 mm (weiblich), d. h. die Streuung der ermittelten Messwerte ist auch innerhalb der Studien hoch und könnte somit die unterschiedlichen Messergebnisse erklären. Eine weitere Erklärung könnten geschlechtsspezifische Unterschiede sein. Da in unserer Studie eine Unterscheidung nach Geschlechtern für die Altersklasse 4 nicht möglich war, könnte der Anteil männlicher Schädel in der Altersklasse 4 höher sein und somit zu kleineren Mittelwertdifferenzen führen. In der Studie von Basyouni und Nanda [2000] konnten für die Bigonialbreite signifikante Geschlechtsunterschiede gefunden werden. In der Studie von Savara und Tracy [1967], welche nur männliche Probanden umfasste, wurde ein Mittelwertunterschied bei der Bigonialbreite vom 3. bis 14. Lebensjahr von 25,5 mm ermittelt. Unsere Studie ergab für den Angulus mandibulae (12) zwischen den

Altersklassen 2 und 14 eine Differenz in Höhe von 17,3 mm (siehe Tabelle 10-12). Geschlechtsspezifische Unterschiede wurden ebenfalls in den Untersuchungen von Wei [1970], Ingerslev und Solow [1975] und Aboul-Azm und Korayem [1987] festgestellt. Auch die Studie von Woods [1950] zeigt deutliche geschlechtsspezifische Unterschiede, wobei Mittelwertdifferenzen für das Wachstum zwischen dem 3. und 15. Lebensjahr bei den männlichen Probanden 22,3 mm, bei den weiblichen 18,8 mm betrugen. Eine Verringerung des Wachstums ist in dem Streudiagramm unserer Studie (siehe Abbildung 3-12) in einem Alter von 8 Jahren und in der Studie von Basyouni und Nanda [2000] im Altersintervall von 5 bis 11 Jahren feststellbar.

#### **4.2.2.2 Quantitatives Wachstum des transversalen Intercondylarabstandes (23)**

In der Studie von Basyouni und Nanda [2000] wurde die Bicondylarbreite zwischen den Kondylen der Mandibula beidseits vermessen, genauer gesagt zwischen den Kondylenköpfen, und zwar jeweils an den am weitesten superior gelegenen Punkten, medio-lateral gelegen. Eine Wachstumszunahme vom 5. bis zum 18. Lebensjahr wurde bei den männlichen Probanden in Höhe von 19,6 mm, bei den weiblichen in Höhe von 18,8 mm, gemittelt 19,2 mm, festgestellt. In unserer Studie wurde der transversale Intercondylarabstand (23) als vergleichbare Strecke vermessen. Von der Altersklasse 4 bis 19 beträgt die Mittelwertdifferenz in unserer Studie 20,9 mm (siehe Tabelle 10-12). Da unser Messpunkt der am weitesten lateral gelegene Punkt des Processus condylaris ist, ist unsere Mittelwertdifferenz erwartungsgemäß etwas größer. Eine Verringerung des Wachstums mit dem 8. Lebensjahr wird in Abbildung 3-23 ersichtlich, Basyouni und Nanda [2000] stellen eine Wachstumsabnahme zwischen dem 5. und 11. Lebensjahr fest.

In einer Studie von Savara und Tracy [1967] wurden 52 Jungen im Alter von 3-14 Jahren durch jährlich angefertigte frontale Röntgenaufnahmen untersucht. Gemessen wurden unter anderem die Bicondylarbreite und Bigonialbreite, entsprechend unseren Messstrecken für den transversalen Intercondylarabstand (23) und der Messstrecke am Angulus mandibulae (12). Für die Bicondylarbreite wurde ein Mittelwertunterschied von 24,0 mm ermittelt, unsere Studie weist für die Altersklassen 2 und 14 21,0 mm (siehe Tabelle 10-12) aus. Diese Differenz ist nicht sehr groß und könnte durch geschlechtsspezifische Unterschiede erklärt werden, denn Wei [1970], Aboul-Azm und

Korayem [1987] zeigen in ihren Studien, dass die Bicondylarbreite bei männlichen Probanden signifikant höhere Werte aufweist als bei weiblichen. In der Studie von Savara und Tracy [1967] waren nur männliche Probanden enthalten, so dass die größeren männlichen Wachstumsmuster die erhöhten Messwerte für die Bicondylarbreite verursachen.

Enlow und Hans [1996] stellen fest, dass sich das bicondyläre Breitenwachstum, entsprechend dem transversalem Intercondylarabstand unserer Studie (23), bereits in der frühen Kindheit einstellt, zu einem Zeitpunkt, an dem bereits das meiste Breitenwachstum der Schädelbasis stattgefunden hat. Diese Feststellung konnte in der vorliegenden Schädelammlung nicht verifiziert werden, da hier bis zur Altersklasse 19 für den transversalen Intercondylarabstand ein Wachstum von insgesamt 25,4 mm gefunden wurde (siehe Tabelle 2-1).

#### **4.2.3 Quantitatives transversales Wachstum der Alveolarfortsätze**

Das quantitative transversale Wachstum der Alveolarfortsätze wird in unserer Studie durch die Messungen der dentalen, apikalen und skelettalen Basis des Ober- und Unterkiefers analysiert.

##### **4.2.3.1 Quantitatives Wachstum der dentalen Basis des Oberkiefers (13)**

In einer Studie von Tsujino und Machida [1998] wurden 13 männliche und 15 weibliche Japaner im Alter von 3 bis 23 Jahren, ohne kieferorthopädische Therapie, untersucht. In zweimonatlichem Abstand wurden Kiefermodelle der Probanden hergestellt. Vermessen wurde die Zahnbogenbreite lingual an der tiefsten Krümmung der marginalen Gingiva an dem zweiten Milchmolaren sowie dem zweiten Prämolaren. Die Zahnbogenbreite im Oberkiefer, an den zweiten Milchmolaren vermessen, zeigte eine Mittelwertdifferenz zwischen 3,5 Jahren und 12 Jahren von 4,5 mm. Vergleichbar ist dieser Wert mit der dentalen Basis der Milchzähne des Oberkiefers (13m) in unserer Studie, wo zwischen den Altersklassen 2 und 12 eine Mittelwertdifferenz in Höhe von 5,0 mm ermittelt wurde (siehe Tabelle 2-1). Diese Werte stimmen gut überein. Die Wachstumskurve der dentalen Basis im Oberkiefer für die Milchzähne (13m) (Abbildung 3-13) zeigt von der Altersklasse 2 bis 12 eine kontinuierliche Zunahme. Viele andere Studien haben eben-

falls eine kontinuierliche Zahnbogenbreitenzunahme zwischen den zweiten Milchmolaren im Oberkiefer festgestellt [Moorrees 1959; Othsubo et al. 1964; Mochizuki 1965; Moyers et al. 1969; Kato 1979; Sakai 1979].

In einer Studie von Hopp und Meredith [1956] wurden 40 männliche und 37 weibliche Probanden nordwesteuropäischer Abstammung im Alter von 4 bis 8 Jahren untersucht. Vermessen wurde die Zahnbogenbreite an der bukkalen Fläche der zweiten Milchmolaren des Ober- und Unterkiefers. Für die Oberkieferzahnbogenbreite wurde eine Mittelwertdifferenz vom 4. bis 8. Lebensjahr von 1,9 mm festgestellt. In unserer Studie wurden Mittelwertdifferenzen von der Altersklasse 4 bis 8 für die dentale Basis der Milchzähne des Oberkiefers (13m) von 2,6 mm ermittelt (siehe Tabelle 10-12). Der Vergleich dieser Ergebnisse zeigt einen Unterschied von 0,8 mm, wobei dieser im Rahmen der Standardabweichung unserer Messergebnisse liegt. In der Studie von Hopp und Meredith [1956] werden zudem deutliche interindividuelle Unterschiede festgestellt. Einige Probanden zeigten kein Wachstum im oben genannten Zeitraum, wohingegen andere um 3,5 mm wuchsen. Eine hohe Variabilität der Zahnbogenbreiten bei Kindern wurde ebenfalls von Allen et al. [2003] festgestellt.

Die Zahnbogenbreite, zwischen den zweiten Prämolaren gemessen, zeigte in der Studie von Tsujino und Machida [1998] zwischen dem 12. und 19. Lebensjahr eine Mittelwertdifferenz von 0,1 mm. In der vorliegenden Studie konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Altersklassen 12 und 19 an der dentalen Basis der bleibenden Zähne des Oberkiefers (13b) festgestellt werden (siehe Tabelle 3-2). Unsere Studie sowie die von Tsujino und Machida [1998] ermitteln somit, dass die Zahnbogenbreite der bleibenden Prämolaren im Oberkiefer kein nennenswertes Wachstum aufweist. Dies zeigt sich auch in der Studie von DeKock [1972], der an der Zahnbogenbreite der bleibenden Molaren im Ober- und Unterkiefer für die Probanden zwischen dem 12. und 26. Lebensjahr keine deutlichen Veränderungen feststellen konnte. Moyers et al. [1976] vermaßen die Zahnbogenbreite an den Prämolaren zwischen dem 12. und 18. Lebensjahr. Bei den männlichen Probanden konnten sowohl im Oberkiefer als auch im Unterkiefer nur Unterschiede unter 1,0 mm, bei den weiblichen eine Abnahme von 1,2 mm im Unterkiefer und von 1,3 mm im Oberkiefer festgestellt werden. Ein deutliches Wachstum ist mithin auch hier nicht festgestellt worden.

Die Messergebnisse unserer Studie lassen eine Abnahme der Zahnbogenbreite im Wechselgebiss zwischen den Milch- und bleibenden Zähnen des Oberkiefers (13m,13b)

erkennen. Im Oberkiefer entwickelt sich die vergleichbare Messstrecke in denselben Altersklassen (10,12) von 50,0 mm auf 48,1 mm, was einer Abnahme von 1,9 mm entspricht (siehe Tabelle 10-12). Hierbei ist zu bedenken, dass der Messpunkt der Milchmolaren aufgrund der sich verändernden Zahnform von dem der Prämolaren leicht differiert. Eine Abnahme der Intermolarbreiten für den Oberkiefer an den ersten Milch- bzw. bleibenden Molaren vom 11. Lebensjahr an konnte ebenfalls in einer Studie von Barrow und White [1952] festgestellt werden. Die Autoren führten die Abnahme auf die Mesialdrift der ersten bleibenden Molaren nach Verlust der Milchmolaren zurück. Aufgrund der konvexen Form des Oberkiefers entsteht durch die Mesialdrift eine Abnahme der Zahnbogenbreite.

Bishara et al. [1997] zeigten in ihrer Studie ebenfalls eine Abnahme der Zahnbogenbreite des Oberkiefers nach Durchbruch der bleibenden Zähne, wobei diese zwischen den bleibenden Molaren etwas geringer ausfiel als weiter anterior zwischen den Eckzähnen.

#### **4.2.3.2 Quantitatives Wachstum der apikalen Basis des Oberkiefers (14)**

Unsere Studie zeigte an der apikalen Basis des Oberkiefers (14), in Höhe der zweiten Prämolaren (zweiten Milchmolaren), von 2 (25,3 mm) bis 19 (28,1 mm) Jahren ein kontinuierliches Transversalwachstum von 2,9 mm (siehe Abbildung 3-14, Tabelle 3-2).

Lebret [1962] untersuchte das transversale Wachstum des Gaumens von 30 Probanden (13 Jungen, 17 Mädchen) im Alter von 5 bis 18 Jahren anhand von Kiefermodellen. Gemessen wurde die transversale Breite disto-lingual auf Höhe der marginalen Gingiva der zweiten Milchmolaren sowie die Breite des Gaumengewölbes am Übergang vom Os palatinum zum Processus alveolaris maxillae in gleicher transversaler Ebene. Im bleibenden Gebiss wurde die Breite zwischen den ersten Molaren vermessen. Das Wachstum vom 5. bis 18. Lebensjahr auf Gingivahöhe der Milch- und bleibenden Molaren betrug 4,0 mm, im Bereich des Gaumengewölbes 1,9 mm. Der entsprechende Wert der apikalen Basis des Oberkiefers (14) in unserer Studie beträgt von der Altersklasse 6 bis 19 2,1 mm. Unser Ergebnis stimmt gut mit dem aus der Studie von Lebret [1962] überein.

Anders als die dentale Basis im Oberkiefer (13), die nur im Milchgebiss (bis zur Altersklasse 12) ein deutliches Transversalwachstum zeigt, findet im Bereich der apikalen Basis des Oberkiefers (14) bis zur Altersklasse 19 kontinuierliches Wachstum statt.

In einer Studie von Björk und Skieller [1976] wurde eine Gruppe von 9 Jungen mit normaler Dentition und Okklusion im Alter von 4 Jahren bis ins Erwachsenenalter untersucht. 2 von den Jungen wurden bis zum 18. Lebensjahr, 7 bis zum 21. Lebensjahr beobachtet. Den Probanden wurden zu Beginn des Beobachtungszeitraumes Vitallium-implantate in den Processus alveolaris inseriert, zwei auf jeder Seite. Die Implantate wurden leicht anterior, am unteren Rand und relativ weit lateral des Kieferkamms positioniert. Weiterhin wurden im Alter von 10 bis 11 Jahren unterhalb der Spina nasalis anterior in Höhe der Wurzelspitzen der mittleren Schneidezähne beidseits der Sutura palatina Implantate inseriert. Zur Messung wurden jährlich postero-anterior Röntgenaufnahmen angefertigt und auf diesen die Distanz der Implantate registriert. Gemessen wurde das transversale Wachstum der Sutura palatina in Höhe der ersten Molaren und Schneidezähne. Das Wachstum auf Höhe der ersten Molaren war während des korrespondierenden Zeitraumes drei Mal größer als das zwischen den vorderen Schneidezähnen. Weiterhin wurde durch Messungen anhand von Gipsmodellen der Kieferbögen die kleinste Distanz auf Gingivahöhe zwischen den ersten Molaren registriert. Das Ergebnis der Studie war, dass das Wachstum an der Sutura palatina den entscheidenden Beitrag zum Transversalwachstum des Oberkiefers liefert. Durchschnittlich wurde von Björk und Skieller [1976] ein Wachstum in Höhe der ersten Molaren von 6,9 mm im Zeitraum zwischen 4 und 21 Jahren festgestellt, mit einem Messwertbereich zwischen 5,5 und 8,2 mm. Die apikale Basis im Oberkiefer (14) in unserer Studie lag etwas weiter anterior, sollte somit ein etwas kleineres Wachstum als das an den ersten Molaren von Björk und Skieller [1976] gemessen, zeigen. Von der Altersklasse 4 bis 19 zeigte die apikale Basis (14) in unserer Studie mit 2,7 mm (siehe Tabelle 10-12) ein um mehr als die Hälfte geringeres Wachstum als jenes, welches Björk und Skieller [1976] feststellten. Dies mag daran liegen, dass Björk und Skieller [1976] ausschließlich männliche Probanden untersuchten, möglicherweise wird das suturale Wachstum im Bereich unserer Messstrecke aber auch durch Remodeling-Prozesse überlagert.

#### **4.2.3.3 Quantitatives Wachstum der skelettalen Basis des Oberkiefers (15)**

In der Studie von Basyouni und Nanda [2000] wurde die Bimaxillargebreite am tiefsten Punkt der Konkavität vermessen, der durch die seitliche Wand der Maxilla und des unteren Randes des Processus zygomaticomaxillaris gebildet wird. Dieser Punkt entspricht in der vorliegenden Arbeit weitgehend der skelettalen Basis im Oberkiefer (15). Die absolute Breitenzunahme von 5 bis 18 Jahren wurde für die männlichen Probanden mit 18,0 mm, für die weiblichen mit 15,6 mm, gemittelt 16,8 mm, festgestellt. Unsere Ergebnisse zeigen von Altersklasse 4 bis 19 eine Mittelwertdifferenz von 10,4 mm, welche um 6,4 mm kleiner ist (siehe Tabelle 10-12). Diese Differenz könnte in der unterschiedlichen Lage der Messpunkte begründet sein; der Messpunkt von Basyouni und Nanda [2000] liegt vermutlich weiter kranial und verursacht durch die Konkavität des Processus zygomaticomaxillaris entsprechend größere Ergebnisse.

Das Wachstum der skelettalen Basis des Oberkiefers (siehe Abbildung 3-15) verringert sich vom 8. Lebensjahr an. In der Studie von Basyouni und Nanda [2000] ist eine Abnahme der Wachstumskurve im Abschnitt vom 5. bis 12. Lebensjahr erkennbar.

In einer Studie von Cortella et al. [1997] wurden je 18 männliche und weibliche Probanden mittels jährlich angefertigter postero-anterior Röntgenbilder untersucht. Vermessen wurde die Strecke zwischen den Punkten Jugale am Processus jugularis des Oberkiefers am Schnittpunkt der Außenflächen der Tuberositas maxillae und dem Stützpfiler des Os zygomaticum. Für jedes Alter wurde ein Mittelwert berechnet, der zwischen männlichen und weiblichen Probanden nicht differenzierte, da Unterschiede zwischen den Geschlechtern zwar bereits zwischen dem 11. und 12. Lebensjahr festgestellt wurden, diese aber erst zwischen dem 17. und 18. Lebensjahr statistische Signifikanz erreichten ( $p < 0,05$ ). Im Alter von 6 bis 18 Jahren wurde eine Mittelwertdifferenz von 6,1 mm errechnet. Die vergleichbare Messstrecke in unserer Studie war die skelettale Basis des Oberkiefers (15), hier wurde zwischen den Altersklassen 6 bis 19 eine Mittelwertdifferenz von 6,3 mm ermittelt (siehe Tabelle 10-12). Die beiden Ergebnisse stimmen folglich nahezu überein.



#### **4.2.3.4 Quantitatives Wachstum der dentalen Basis des Unterkiefers (9)**

Die Zahnbogenbreite, zwischen den zweiten Milchmolaren im Unterkiefer vermessen, zeigt in der Studie von Tsujino und Machida [1998] zwischen 3,6 und 10 Jahren eine Mittelwertdifferenz von 1,9 mm; unsere Studie stellte ein Wachstum an der dentalen Basis der Milchzähne des Unterkiefers (9m) zwischen den Altersklassen 2 und 10 in Höhe von 1,3 mm fest (siehe Tabelle 10-12), wobei dieser Wert nicht signifikant ist. Die Ergebnisse ähneln sich, wobei Tsujino und Machida [1998] zur Signifikanz der berechneten Mittelwertdifferenz keine Aussage treffen. Übereinstimmend lassen Sie den Schluss zu, dass im Bereich der dentalen Basis der Milchzähne des Unterkiefers (9m) kein nennenswertes Wachstum stattfindet. Einen ähnlichen Schluss lassen die Ergebnisse bezüglich der dentalen Basis der bleibenden Zähne des Unterkiefers (9b) zu. Von der Altersklasse 12 bis 19 wurde in unserer Studie für die dentale Basis der bleibenden Zähne des Unterkiefers (9b) eine Mittelwertdifferenz von -0,7 mm errechnet (siehe Tabelle 3-2), welche ebenfalls nicht signifikant ist. In der Untersuchung von Tsujino und Machida [1998] wurde eine Mittelwertdifferenz der Zahnbogenbreite zwischen dem 12. und 19. Lebensjahr von -0,2 mm ermittelt, gemessen an den zweiten Prämolaren des Unterkiefers. In der Studie von Hopp und Meredith [1956] (siehe bereits unter „Oberkiefer“) wurde für die Unterkieferzahnbogenbreite eine Mittelwertdifferenz vom 4. bis 8. Lebensjahr von 1,5 mm festgestellt. In unserer Studie wurden Mittelwertdifferenzen von der Altersklasse 4 bis 8 für die dentale Basis der Milchzähne im Unterkiefer (9m) von 0,3 mm errechnet (siehe Tabelle 10-12). Auch hier zeigt der Vergleich dieser Resultate erkennbare Unterschiede, die aber wiederum im Rahmen der Standardabweichung unserer Messergebnisse begründet sind. Hierbei sei nochmals auf die deutlichen interindividuellen Unterschiede hingewiesen.

Die Messergebnisse unserer Studie lassen eine Abnahme der Zahnbogenbreite im Wechselgebiss zwischen den Milch- und bleibenden Zähnen auch im Unterkiefer erkennen (siehe auch 4.2.3.1 Quantitatives Wachstum der dentalen Basis des Oberkiefers (13)). Von der Altersklasse 10 nach 12 nahm der Mittelwert der Messwerte des Unterkiefers von 44,2 mm auf 43,5 mm, also um 0,6 mm (Differenz durch Rundung), ab (siehe Tabelle 10-12). Es sei ebenfalls, wie bei der Betrachtung des Oberkiefers, erwähnt, dass der Messpunkt der Milchmolaren aufgrund der sich verändernden Zahnform von dem der Prämolaren leicht differiert. Eine Abnahme der Intermolarbreite

an den ersten Milch- bzw. bleibenden Molaren des Unterkiefers vom 11. Lebensjahr an konnte ebenfalls in einer Studie von Barrow und White [1952] festgestellt werden.

Wie auch bei der dentalen Basis im Oberkiefer (siehe Kapitel 4.2.3.1) begründen die Autoren die Abnahme der Zahnbogenbreite mit der Konvexität des Kiefers und der Mesialdrift der ersten bleibenden Molaren nach Verlust der Milchmolaren. Bishara et al. [1997] zeigten auch für den Unterkiefer eine Abnahme der Zahnbogenbreite nach Durchbruch der bleibenden Zähne.

#### **4.2.3.5 Quantitatives Wachstum der apikalen Basis des Unterkiefers (10)**

Die apikale Basis des Unterkiefers (10) zeigte von der Altersklasse 2 bis 19 keine signifikante Mittelwertdifferenz. Transversales Wachstum konnte, wie im Bereich der dentalen Basis des Unterkiefers, nicht festgestellt werden (siehe Tabelle 3-2). Eine andere Studie, die diese oder eine vergleichbare Messstrecke untersucht, ist uns nicht bekannt.

#### **4.2.3.6 Quantitatives Wachstum der skelettalen Basis des Unterkiefers (11)**

Die skelettale Basis im Unterkiefer (11) zeigte von der Altersklasse 2 bis 19 eine kontinuierliche Breitenabnahme von -3,3 mm (siehe Tabelle 10-12). Diese abnehmende Tendenz ist auch in der Abbildung 3-11 zu erkennen. Wie bereits schon bei der Diskussion der dentalen Basis im Unterkiefer (9) erwähnt (siehe Kapitel 4.2.3.4), findet eine Mesialdrift der Unterkieferzähne statt. Durch den konvexen Verlauf des Unterkiefers findet im Wachstumsverlauf eine Breitenabnahme statt. Diese ist im Bereich der skelettalen Basis des Unterkiefers aufgrund der weiter lateral gelegenen Basis im Vergleich zur dentalen Basis des Unterkiefers deutlicher ausgeprägt.

#### **4.2.3.7 Querschnitt des transversalen Wachstums des Gesichtsschädels**

Die Verteilung des transversalen Wachstums des Gesichtsschädels für die Altersklassen 2 bis 19 wird anhand der Messergebnisse dieser Studie im Folgenden beschreiben.

Das größte Wachstum im Bereich des Gesichtsschädels wurde am Arcus zygomaticus (17) mit 29,1 mm festgestellt. Etwas geringeres Wachstum, vom Ausmaß fast gleich, wurde an der Sutura zygomaticomaxillaris (16) mit 24,5 mm und an der Biauricular-

breite (18) mit 24,4 mm ermittelt. Der in unmittelbarer Beziehung stehende Intercondylarabstand (23) zeigte mit 25,4 mm ungefähr gleich großes Wachstum. Das Wachstum der Bizygomaticumbreite (19) fällt mit 24,0 mm nochmals etwas geringer aus, bewegt sich aber noch im Rahmen der anderen Messwerte bzw. der Standardabweichungen.

Der weiter kaudal gelegene Angulus mandibulae zeigt mit 20,9 mm (12) ein nur etwas geringeres Wachstum als die Mittelgesichtsstrecken. Die im Mittelgesicht am kranialsten gelegene Messstrecke der Transorbitabreite (20) zeigt mit 14,5 mm ein deutlich geringeres Wachstum als die Mittelgesichtsstrecken.

Die Winkel am Os petrosum rechts und links nehmen im Verlauf des Wachstums ab. Die Einordnung dieses Messergebnisses wird dadurch erschwert, dass es sich um eine nicht direkt vergleichbare Einheit (Winkel statt Messstrecke) handelt.

Im Bereich der dentalen, apikalen und skelettalen Basis des Oberkiefers finden wir deutlich geringeres Wachstum als bei den Mittelgesichtsstrecken (16-20) und beim Ramus mandibulae (12, 23). Das größte Wachstum zeigt hiervon die skelettale Basis im Oberkiefer (15) mit 12,5 mm. Die dentale Basis der Milchzähne des Oberkiefers (13m) zeigt 5 mm transversales Wachstum bis zur Altersklasse 12, welches sich anschließend bei der dentalen Basis der bleibenden Zähne des Oberkiefers (13b) nicht mehr fortsetzt. Im Bereich der apikalen Basis des Oberkiefers (14) findet man ein kontinuierliches, geringes Wachstum von insgesamt 2,9 mm.

Die dentale und apikale Basis des Unterkiefers (9, 10) weisen im gesamten Untersuchungszeitraum kein signifikantes Wachstum auf. Die skelettale Basis des Unterkiefers (11) zeigt eine Abnahme von 3,3 mm.

### **4.3 Zusammenhang zwischen der Schädelbreite und der Breite des Ober- und Unterkiefers**

Das klinische Bild eines dolichofazialen, mesofazialen und brachyfazialen Gesichtstyps legt die Vermutung nahe, dass die Breite des Schädels einen bestimmenden Einfluss auf die Breite des oberen und unteren Zahnbogens sowie des Unterkiefers hat. Auch Korkhaus und Bruhn [1929] sowie Schwarz [1961] waren der Ansicht, dass die Gesichtsform und der Schädeltyp eine maßgebliche Rolle bei der Gestaltung der Zahnbogenform spielen. Die von Berger [1926] und Izard [1927] entwickelten Indizes sind, wie bereits in der Einleitung erwähnt, bei der klinischen Anwendung proble-

matisch. Die vorliegende Arbeit soll deren Indizes jedoch nicht weiter überprüfen, sondern klären, ob Zusammenhänge zwischen der Breite des Schädels und der des Ober- und Unterkiefers bestehen.

Zunächst wurden in unserer Studie, wie auch in den meisten anderen Literaturstellen, der Pearson-Korrelationskoeffizient für jede Altersklasse berechnet, um Veränderungen im Verlauf des Alters festzustellen. Wie bereits im Ergebnisteil (Kapitel 3.5 und 3.6) erörtert, resultierte aus dieser Analyse ein sehr inhomogenes Ergebnis. Aus diesem Grunde wurde in der vorliegenden Studie zusätzlich der partielle Korrelationskoeffizient bestimmt und das Alter als Störvariable herausgerechnet. Da im Milchzahngebiss größere Variationen auftreten als im bleibenden [Betts et al. 1995; Allen et al. 2003], wurde jeweils für die Milch- und die bleibenden Zähne eine partielle Korrelation erstellt (siehe Tabelle 3-5 und Tabelle 3-6).

Geschlechtsspezifische Unterschiede können weitestgehend unberücksichtigt bleiben, da bei der partiellen Korrelation Verhältnisse innerhalb desselben Schädels berechnet werden und man davon ausgeht, dass das Verhältnis zwischen zwei Messstrecken, zum Beispiel zwischen Ober- und Unterkiefer, bei Frauen und Männern gleich ist. Alle angegebenen Korrelationskoeffizienten sind auf dem Niveau von  $p < 0,05$  signifikant.

Bei der Literaturrecherche fiel auf, dass es nur sehr wenige Studien zu geben scheint, die partielle Korrelationskoeffizienten berechnet haben. Aus diesem Grunde sind zum Vergleich unserer Ergebnisse auch Studien herangezogen worden, die den Pearson-Korrelationskoeffizienten verwendet haben.

Allen et al. [2003] untersuchten 97 Patienten mit normaler Okklusion röntgenologisch sowie mit Hilfe von Kiefermodellen. Die Zusammenhänge zwischen den Strecken wurden mit dem Pearson-Korrelationskoeffizienten berechnet. Bezüglich des Alters gaben die Autoren lediglich an, dass die Patienten sich in der Wechselgebissphase befanden.

Basyouni und Nanda [2000] untersuchten 30 männliche und 30 weibliche Personen anhand von jährlich angefertigten postero-anterior Röntgenbildern und berechneten jeweils für fünf-, zwölf- und achtzehnjährige, getrennt nach Geschlechtern, Korrelationskoeffizienten.

Hassanali und Odhiambo [2000] untersuchten 270 kenianische Kinder im Alter von 6-8 bzw. 12 Jahren. Sie berechneten unter anderem Korrelationskoeffizienten für das Verhältnis der Zahnbogenbreiten des Ober- und Unterkiefers, wobei die Messwerte anhand von Kiefermodellen gewonnen wurden.

Herren [1975] untersuchte 30 Individuen (17 weiblich, 13 männlich) mit Idealgebiss im Alter von 12,5 bis 16,5 Jahren anhand von Kiefermodellen und postero-anterior Röntgenaufnahmen. Er analysierte Zusammenhänge mit dem Pearson-Korrelationskoeffizienten.

Hopp und Meredith [1956] untersuchten bei 40 männlichen und 37 weiblichen Probanden anhand von Kiefermodellen die Zahnbogenbreiten des Ober- und Unterkiefers und berechneten den Pearson-Korrelationskoeffizienten jeweils für das Alter von 4, 6 und 8 Jahren.

Knott [1961] untersuchte 29 Kinder vom 9. bis 15. Lebensjahr. Es wurde hierbei die Zahnbogenbreite an der ersten bleibenden Molaren des Ober- und Unterkiefers vermessen. Zur Beschreibung des Zusammenhangs zwischen den Breiten der Zahnbögen wurden Korrelationskoeffizienten berechnet.

Meredith und Higley [1951] untersuchten 82 Kinder im Alter von 5 Jahren und 64 im Alter von 7 Jahren. Aus Strecken, die direkt am Gesicht, an Gipsmodellen des Ober- und Unterkiefers sowie an postero-anterior Röntgenbildern vermessen wurden, ermittelten sie Pearson-Korrelationskoeffizienten.

Snodell et al. [1993] untersuchten anhand von postero-anterior angefertigten Röntgenaufnahmen das Transversalwachstum des Gesichtsschädels. Sie berechneten bei 21 männlichen Probanden im Alter von 16 Jahren sowie bei 23 weiblichen im Alter von 14 Jahren Pearson-Korrelationskoeffizienten.

Im Folgenden soll kurz auf die Ergebnisse der Faktorenanalyse eingegangen werden. Die Faktorenanalyse für die bleibenden Zähne (Tabelle 3-4) ergibt, dass die Variablen der Mittelgesichtsstrecken (16-20), des Ramus mandibulae (12, 23) einschließlich derer der apikalen (14) und skelettalen (15) Basis des Oberkiefers eine Gruppe mit hoher Wechselbeziehung bilden. Die drei Basen des Unterkiefers (9b, 10, 11) einschließlich der dentalen Basis des Oberkiefers (13b) bilden eine weitere Gruppe, die keine Beziehung zur ersten Gruppe aufweist, mit der Ausnahme, dass die dentale Basis des

Oberkiefers der bleibenden Zähne (13b) mit ihrer Faktorenladung auch in der ersten Gruppe relativ hoch lädt.

Die Betrachtung der Faktorenanalyse für die Milchzähne (siehe Tabelle 3-3) zeigt eine Gruppenbildung der Mittelgesichtsstrecken (16-20), der Strecken am Ramus mandibulae (12, 23) einschließlich der dentalen (13m) und skelettalen (15) Basis der Milchzähne des Oberkiefers. Die drei Basen des Unterkiefers (9m, 10, 11) bilden eine separate Gruppe. Die apikale Basis des Oberkiefers (14) ist keiner dieser Gruppen zuzuordnen und scheint unabhängig von den anderen Messstrecken zu sein (siehe Tabelle 3-3).

Zur genaueren Untersuchung wird zunächst die partielle Korrelation für die bleibenden Zähne (siehe Tabelle 3-6) und anschließend in Ergänzung die partielle Korrelation der Milchzähne (siehe Tabelle 3-5) diskutiert. Für eine bessere Übersicht werden beim Vergleich der Messstrecken aus anderen Studien nicht deren Originalnamen verwendet, sondern die entsprechenden Variablennamen unserer Studie.

Betrachtet man die mittlere Schädelbasis, so stellt man fest, dass der Winkel am Os petrosum rechts (21) und links (22) mit keiner weiteren Variablen korreliert. Eine Wachstumsveränderung in diesem Bereich scheint keine Relation mit der Transversalentwicklung des Mittelgesichtes und des Ober- und Unterkiefers zu haben. Eine vergleichbare Studie, die diesen Zusammenhang untersucht, ist uns nicht bekannt. Die Biauricularbreite (18) verhält sich so wie die übrigen Mittelgesichtsstrukturen (16-20), welche untereinander hoch bis sehr hoch korrelieren (siehe Tabelle 3-6: von  $r=0,64$  bis  $r=0,96$ ). Die hohen Korrelationskoeffizienten der Mittelgesichtsstrukturen untereinander weisen auf ein sehr ähnliches Wachstumsverhalten hin und können als Einheit zum Ober- und Unterkiefer analysiert werden.

Der transversale Intercondylarabstand (23) zeigt zu den Mittelgesichtsstrecken (16-20) hohe bis sehr hohe Korrelationen (siehe Tabelle 3-6:  $r=0,75$  bis  $r=0,90$ ), mit Ausnahme zur Transorbitabreite (20) (siehe Tabelle 3-6:  $r=0,65$ ). Basyouni und Nanda [2000] berechneten beispielsweise zwischen der transversalen Intercondylarbreite (23) und dem Arcus zygomaticus (17) in der gesamten Gruppe der 18jährigen ebenfalls hohe Korrelationskoeffizienten von  $r=0,80$ . Der hohe Zusammenhang zwischen dem transversalen Intercondylarabstand (23) und dem Mittelgesicht (16-20) ist aufgrund der unmittelbaren räumlichen Nähe zu erklären und zeigt, dass die Breite des Unterkiefers,

an den Kondylen vermessen, deutlich durch die Breite des Schädels bestimmt wird. Unsere Ergebnisse zeigen als Ausnahme mit  $r=0,65$  (siehe Tabelle 3-6) zwischen dem transversalen Intercondylarabstand (23) und der Transorbitabreite (20) nur eine geringe Korrelation. Basyouni und Nanda [2000] zeigten eine hohe Variationsbreite von  $r=0,40$  bis  $r=0,90$  für alle Altersgruppen an dieser Stelle.

Etwas weiter kaudal, am Angulus mandibulae (12), zeigen die Korrelationskoeffizienten zu den Mittelgesichtsstrecken (16-20) etwas geringere Werte von  $r=0,62$  bis  $r=0,78$  (siehe Tabelle 3-6). Snodell et al. [1993] berechneten für die Messstrecke am Angulus mandibulae (12) zum Arcus zygomaticus (17) ebenfalls geringe Korrelationskoeffizienten von  $r=0,48$  bei den männlichen und mittlere von  $r=0,51$  bei den weiblichen Probanden. Basyouni und Nanda [2000] ermittelten zwischen dem Angulus mandibulae und der Transorbitabreite in allen drei Altersgruppen Korrelationskoeffizienten von  $r=0,40$  bis  $r=0,80$ . Die Mittelgesichtsbreiten (16-20) zeigen hohe bis sehr hohe Korrelationskoeffizienten (siehe Tabelle 3-6:  $r=0,70$  bis  $r=0,96$ ) zur dentalen (13b) und skelettalen (15) Basis des Oberkiefers sowie zum transversalen Intercondylarabstand (23). Der wechselseitige Einfluss auf das Wachstum ist somit groß.

Besonders auffällig ist der hohe Zusammenhang zwischen der dentalen Basis der bleibenden Zähne des Oberkiefers (13b) und dem Arcus zygomaticus (17) ( $r=0,85$ ) sowie dem transversalen Intercondylarabstand (23) ( $r=0,87$ ) (siehe Tabelle 3-6). Meredith und Higley [1951] untersuchten anhand der Originaldaten von Berger, welche 30 Erwachsene mit kompletter normaler Okklusion umfassen, den Zusammenhang zwischen der dentalen Basis der bleibenden Oberkieferzähne (13b) und dem Arcus zygomaticus (17) und erhielten einen Korrelationskoeffizienten von  $r=0,88$ . Dieser Wert stimmt gut mit unserem Ergebnis überein. Snodell et al. [1993] ermittelten zwischen der dentalen Basis der bleibenden Zähne des Oberkiefers (13b) zum Arcus zygomaticus (17) hingegen mittlere Korrelationskoeffizienten von  $r=0,57$  bei den männlichen,  $r=0,52$  bei den weiblichen Probanden. Herren [1975] berechnete für die dentale Basis der bleibenden Zähne des Oberkiefers (13b) zum transversalen Intercondylarabstand (23) ebenfalls mittlere Korrelationskoeffizienten von  $r=0,62$ . Die Korrelationen von Snodell et al. [1993] sowie von Herren [1975] sind kleiner als unsere und zeigen eine hohe Variabilität der Ergebnisse, wobei darauf hingewiesen sein soll, dass die Autoren den

Pearson-Korrelationskoeffizienten verwendeten und nicht, wie wir, die partielle Korrelation.

Die skelettale Basis des Oberkiefers (15) korreliert hoch zu den Mittelgesichtsbreiten (16-20) mit Korrelationskoeffizienten von  $r=0,73$  bis  $r=0,80$  (siehe Tabelle 3-6). Basyouni und Nanda [2000] berechneten zwischen der skelettalen Basis des Oberkiefers und der Transorbitabreite in der Gruppe der männlichen 18jährigen ebenfalls einen hohen Korrelationskoeffizienten von  $r=0,80$ , in der weiblichen von  $r=0,60$ . Weiterhin berechneten sie zwischen der skelettalen Basis des Oberkiefers (15) und dem Arcus zygomaticus (17) in der Gruppe der männlichen 18jährigen einen hohen Korrelationskoeffizienten von  $r=0,90$ . Ein hoher Zusammenhang zwischen der skelettalen Basis des Oberkiefers (15) besteht ebenfalls mit  $r=0,79$  zur transversalen Intercondylarbreite (23). Einen entsprechend hohen Wert hierfür ermittelten Basyouni und Nanda [2000] in der Gruppe der männlichen 18jährigen mit  $r=0,80$ , die Gruppe der weiblichen 18jährigen zeigte nur einen geringen Korrelationskoeffizienten mit  $r=0,50$ . Es wird deutlich, dass die Breite des Schädels und die Breiten des Oberkiefers im Bereich der dentalen und skelettalen Basis der bleibenden Zähne in engem Zusammenhang stehen.

Untereinander korrelieren die dentale (13b) und skelettale (15) Basis des Oberkiefers hoch (siehe Tabelle 3-6:  $r=0,72$ ). Snodell et al. [1993] ermittelten zwischen der dentalen Basis der bleibenden Zähne des Oberkiefers (13b) und der skelettalen Basis des Oberkiefers (15) ebenfalls hohe Korrelationskoeffizienten von  $r=0,75$  bei den männlichen,  $r=0,60$  bei den weiblichen Probanden.

Eine Ausnahme zeigt in unserer Studie die apikale Basis des Oberkiefers (14), bei der nur geringe Korrelationskoeffizienten zu den Mittelgesichtsstrecken (16-20) und allen übrigen Variablen errechnet worden sind (siehe Tabelle 3-6: von  $r=0,27$  bis  $r=0,47$ ). Das Transversalwachstum in diesem Bereich ist gering (von der Altersklasse 2-19: 2,9 mm, siehe Tabelle 3-2) und damit weitgehend unabhängig vom transversalen Mittelgesichtswachstum und dem Wachstum der in unmittelbarer Nachbarschaft stehenden Strukturen, wie der dentalen (13b) und skelettalen (15) Basis des Oberkiefers.

Die dentale Basis des Unterkiefers (9b) zeigt zur dentalen Basis des Oberkiefers (13b) eine hohe Korrelation von  $r=0,67$ . Hierbei wurde allerdings für die eugnathen Kiefer bei harmonischer Okklusion ein höherer Wert erwartet. Allen et al. [2003] ermittelten einen



Wert von  $r=0,76$ . Hassanali und Odhiambo [2000] zeigten Korrelationskoeffizienten mit einer Schwankungsbreite von  $r=0,40$  bis  $r=0,70$ . Knott [1961] berechnete jeweils für 9-, 11-, 13- und 15jährige hohe Korrelationskoeffizienten von  $r=0,85$  bis  $r=0,90$ , nach ihren Angaben ermittelten Smyth und Young [1932] partielle Korrelationskoeffizienten mit dem Alter als Störvariable in Höhe von  $r=0,83$  für Jungen und  $r=0,78$  für Mädchen zwischen der Ober- und Unterkieferzahnbogenbreite. Snodell et al. [1993] konnten ebenfalls hohe Korrelationskoeffizienten von  $r=0,85$  bei den männlichen,  $r=0,89$  bei den weiblichen Probanden errechnen. Die oben genannten Literaturstellen zeigen eine Variationsbreite von  $r=0,40$  bis  $r=0,90$ , wobei unser Wert sehr gut im Mittelfeld liegt.

In Richtung apikaler (10) ( $r=0,71$ ) und skelettaler Basis (11) ( $r=0,57$ ) des Unterkiefers nehmen die Korrelationskoeffizienten kontinuierlich ab (siehe Tabelle 3-6). Zur apikalen (14) und skelettalen (15) Basis des Oberkiefers sind keine Zusammenhänge festzustellen. Allen et al. [2003] konnten zwischen der dentalen Basis des Unterkiefers (9b) und der skelettalen Basis des Oberkiefers (15) ebenfalls eine nur geringe Korrelation mit  $r=0,34$  feststellen.

Bemerkenswert ist bei unseren Korrelationsanalysen, dass die apikale Basis des Unterkiefers (10) hoch zur dentalen Basis (9b) ( $r=0,71$ ) und skelettalen Basis (11) ( $r=0,75$ ) des Unterkiefers korreliert (siehe Tabelle 3-6). Die apikale Basis des Unterkiefers (10) scheint die Gesamtbreite des Unterkiefers in Höhe der zweiten Prämolaren zu bestimmen. Das Mittelgesicht (16-20) und der transversale Intercondylarabstand (23) zeigen keinen Einfluss auf die dentale (9b), apikale (10) und skelettale (11) Basis des Unterkiefers, da hier nur geringe Korrelationskoeffizienten von  $r=0,21$  bis  $r=0,34$  errechnet worden sind (siehe Tabelle 3-6). Snodell et al. [1993] konnten hingegen zwischen der dentalen Basis der bleibenden Zähne des Unterkiefers (9b) zum Arcus zygomaticus (17) mittlere Korrelationskoeffizienten von  $r=0,61$  bei den männlichen Probanden berechnen, bei den weiblichen konnte kein Korrelationskoeffizient berechnet werden.

Herren [1975] berechnete für die dentale Basis der bleibenden Zähne des Unterkiefers (9b) zum transversalen Intercondylarabstand (23) einen Korrelationskoeffizienten von  $r=0,61$  und zur Biauricularbreite von  $r=0,51$ , wohingegen in unserer Studie kein signifikanter Korrelationskoeffizient berechnet wurde. Wie bereits zu Beginn dieses Abschnitts erwähnt, nutzen die Autoren den Pearson-Korrelationskoeffizienten.

Die partiellen Korrelationen für die Milchzähne (Tabelle 3-5) zeigen im Vergleich zu den partiellen Korrelationen der bleibenden Zähne (Tabelle 3-6) Veränderungen nur bezüglich der dentalen Basis des Ober- und Unterkiefers.

Die dentale Basis der Milchzähne des Oberkiefers (13m) korreliert schwächer mit dem Mittelgesicht (16-20) (siehe Tabelle 3-5: von  $r=0,43$  bis  $r=0,59$ ) als die dentale Basis der bleibenden Zähne des Oberkiefers (13b). Das Transversalwachstum des Mittelgesichtes scheint einen geringeren Einfluss auf die dentale Basis der Milchzähne des Oberkiefers (13m) zu haben. Meredith und Higley [1951] fanden in ihrer Untersuchung zwischen der dentalen Basis der Milchzähne des Oberkiefers (13m) und dem Arcus zygomaticus (17) noch etwas geringere Korrelationskoeffizienten ( $r=0,31$  bis  $r=0,36$ ). Sie vergleichen ihre Messungen mit denen von Bakwin und Bakwin [1936], die für das Verhältnis der apikalen Basis des Oberkiefers (14) zum Arcus zygomaticus (17,  $r=0,37$ ) bei 100 Neugeborenen einen Korrelationskoeffizienten von  $r=0,50$  feststellten. Smyth und Young [1932] erhielten einen Korrelationskoeffizienten von  $r=0,33$  zwischen der dentalen Basis der Milchzähne im Oberkiefer (13m) und dem Arcus zygomaticus (17).

Meredith und Higley [1951] zitieren eine Studie von Meyer [1929], in der Kinder im Alter von 4 bis 17 Jahren bezüglich der dentalen Basis der Milchzähne des Oberkiefers (13m) und des Arcus zygomaticus (17) untersucht wurden und ein Korrelationskoeffizient von  $r=0,18$  berechnet wird. Ferner erwähnen sie Channing und Wissler [1908], die einen entsprechenden Korrelationskoeffizienten von  $r=0,38$  berechneten. Hopp und Meredith [1956] folgerten anhand von Metaanalysen, dass die Vorhersagbarkeit der Zahnbogenbreite anhand der Gesichtsbreite während der Kindheit in einem Bereich unter 10 % liegt.

Zwischen der dentalen Basis der Milchzähne des Unterkiefers (9m), den Mittelgesichtsstrecken (16-20) und dem transversalen Intercondylarabstand (23) sind, im Gegensatz zu den bleibenden Zähnen, Korrelationskoeffizienten berechnet worden, die aber nur gering bis mittel hoch sind (siehe Tabelle 3-5:  $r=0,31$  bis  $r=0,48$ ). Somit zeigen sich bei der dentalen Basis der Milchzähne des Unterkiefers (9m) keine relevanten neuen Ergebnisse. Auch hier scheint die apikale Basis des Unterkiefers (10) die wachstumsdominierende Komponente auf Höhe der zweiten Milchmolaren zu sein.

Meredith und Higley [1951] fanden für die dentale Basis der Milchzähne des Unterkiefers (9m) und dem Angulus mandibulae (12) bei 5jährigen einen Korrelationskoeffizienten von  $r=0,49$ . Woods [1950] fand einen entsprechenden Wert bei 9jährigen von  $r=0,45$ ; in unserer Studie ergab sich hier ein Wert von  $r=0,49$ .

#### **4.4 Zusammenhang zwischen der Schneidezahnbreite und der Zahnbogenbreite**

Beschreibungen des „normalen“ Wachstums und die Versuche, dieses in eine mathematische Formel zu bringen, sind in zahlreichen Literaturstellen [Pont 1909; Harth 1930; Ritter 1951; Weise und Benthake 1965; Brune 1966; Mühlberg et al. 1969; Schmuth und Vardimon 1994] wiederzufinden. Viele Autoren haben Indizes entwickelt, die die „Norm“ beschreiben und dem behandelnden Kieferorthopäden Anhalt für seine Therapieziele sein sollen. In der Einleitung wurde bereits darauf hingewiesen, dass diese Indizes auch heute noch, trotz bestehender Kritik, angewendet werden. Der zugrunde liegende, von Pont [1909] postulierte Zusammenhang zwischen Schneidezahnbreite und Zahnbogenbreite, soll anhand des vorliegenden Untersuchungskollektives durch Faktoren- und Korrelationsanalysen überprüft werden. Es wurde, in Anlehnung an Pont [1909], für jede SIOK(24) und SIUK(25) ein Index OK und Index UK berechnet und in einem Histogramm dargestellt (siehe Abbildung 3-26 und Abbildung 3-27).

Die Faktorenanalyse (siehe Tabelle 3-4) zeigt, dass die Zahnbreitensumme der Inzisivi im Ober- und Unterkiefer (SIOK(24)  $r=-0,92$ , SIUK(25)  $r=-0,75$ ) hoch auf eine Komponente 3 lädt. Die Zahnbogenbreiten, in unserer Studie die dentale Basis der bleibenden Ober- und Unterkieferzähne (13b und 9b), laden hoch auf die Komponente 2 (9b  $r=0,87$ , 13b  $r=0,65$ ) (siehe Tabelle 3-4). Es zeigt sich, dass die Schneidezahnbreite (SIOK(24), SIUK(25)) eine von der Zahnbogenbreite (9b, 13b) getrennte Gruppe bildet und beide untereinander keinen großen Zusammenhang aufweisen.

Dalidjan et al. [1995] untersuchten in ihrer Studie Gipsmodelle von australischen Aborigines, Indonesiern und weißen Australiern. Hierbei wurden nur Probanden mit normaler Okklusion, ohne vorherige kieferorthopädische Behandlung, eingeschlossen. Die Gruppe der australischen Aborigines umfasste 40 weibliche und 40 männliche Probanden mit einem durchschnittlichen Alter von 14,7 bzw. 14,2 Jahren. Zur indonesi-

schen Gruppe gehörten 30 weibliche Probanden mit einem durchschnittlichen Alter von 22 Jahren und 30 männliche Probanden mit einem durchschnittlichen Alter von 23,9 Jahren. Die Gruppe der weißen Australier umfasste 30 weibliche und 30 männliche Probanden mit einem durchschnittlichen Alter von 18 bzw. 17,9 Jahren. Es wurden die gleichen Messpunkte wie bei Pont [1909] gewählt (siehe Kapitel 1.5) und mit einer elektronischen Schieblehre abgenommen. In der Studie von Dalidjan et al. [1995] wurden Korrelationskoeffizienten zwischen der Summe der mesiodistalen Durchmesser der vier Oberkieferschneidezähne und den Oberkieferzahnbogenbreiten berechnet, die auf dem Niveau von  $p=0,05$  signifikant waren. Dies entspricht dem Signifikanzniveau unserer Studie. Der höchste Korrelationskoeffizient von  $r=0,56$  wurde in der Gruppe der männlichen Indonesier jeweils zur Intermolarbreite und Interprämolarenbreite berechnet. In der Gruppe der australischen Aborigines wurde bei den männlichen Probanden ein Korrelationskoeffizient von  $r=0,44$  und bei den weiblichen Probanden ein Korrelationskoeffizient von  $r=0,40$  zur Interprämolarenbreite errechnet. Kein signifikanter Korrelationskoeffizient wurde in der Gruppe der australischen Aborigines zur Intermolarbreite, in der Gruppe der weiblichen Indonesier zur Interprämolaren- und Intermolarenbreite sowie in der gesamten Gruppe der weißen Australier berechnet. Die Größe geschlechtsspezifischer Unterschiede war in allen drei Populationen nur sehr gering. In der vorliegenden Studie konnte bei der Berechnung der partiellen Korrelation (siehe Tabelle 3-6), sowie bei der Berechnung des Korrelationskoeffizienten nach Pearson für alle Altersklassen (siehe Tabelle 10-3 bis Tabelle 10-11) kein signifikanter Korrelationskoeffizient zwischen der Zahnbreitensumme der Inzisivi im Oberkiefer (SIOK(24)) und der dentalen Basis des Oberkiefers (13b) berechnet werden. Dies entspricht den Ergebnissen der Studie von Dalidjan et al. [1995] für die Gruppe der weißen Australier, für die ebenfalls kein signifikanter Korrelationskoeffizient berechnet worden ist. Im Gegensatz dazu konnten für die Gruppe der australischen Aborigines und die Gruppe der Indonesier von Dalidjan et al. [1995] teilweise mäßig hohe Korrelationskoeffizienten berechnet werden. Die hier vermessene Schädelammlung stammt wahrscheinlich aus Indien (siehe Kapitel 2.1) und ist somit keiner der oben genannten Gruppen eindeutig zuzuordnen. Es könnten möglicherweise ethnische Unterschiede vorliegen, die eine mäßig hohe Korrelation in der Gruppe der australischen Aborigines und in der Gruppe der Indonesier hervorrufen. Diese Vermutung wird in der Arbeit von

Dalidjan et al. [1995] bestätigt, in der ethnische Besonderheiten bezüglich der Zahnbreiten und Zahnbogenbreite festgestellt werden.

Die indonesische Population zeigte relativ kleine Zahnbreiten und große Zahnbogenbreiten. Die australischen Aborigines hingegen zeigten große Zahnbreiten und große Zahnbogenbreiten, die Population der weißen Australier kleinere Zahnbreiten und kleinere Zahnbogenbreiten. Unterschiede fallen nicht nur in der absoluten Größe (große Zahnbreiten, große Zahnbogenbreiten und kleine Zahnbreiten, kleine Zahnbogenbreiten), sondern auch im Verhältnis zwischen Zahnbreite und Zahnbogenbreite auf (kleine Zahnbreiten große Zahnbogenbreiten). Ethnische Variationen in Bezug auf die Zahnbogenbreite konnten auch von Björk et al. [1984], Barsley und Lancaster [1987], Hassanali und Odhiambo [2000] und in Bezug auf die Zahnbreite auch von Ross-Powell und Harris [2000] festgestellt werden.

In einer Studie von Mühlberg et al. [1969] wurden von 204 männlichen und 213 weiblichen Probanden Kiefermodelle hergestellt und die Breitensumme der oberen Schneidezähne SI(OK) und unteren Schneidezähne SI(UK) sowie der vorderen Zahnbogenbreite (vZ) und hinteren Zahnbogenbreite (hZ) vermessen. Die Messpunkte entsprachen denen in der Arbeit von Pont [1909] (siehe Kapitel 1.5). Eine Alterseinteilung wurde nicht vorgenommen. Es ist lediglich bekannt, dass es sich um eine Stichprobe von Jugendlichen handelt. Korrelationskoeffizienten wurden zwischen der Summe der Inzisivi im Oberkiefer und der vorderen und hinteren Zahnbogenbreite für beide Geschlechter berechnet. Mühlberg et al. [1969] ermittelten für die männlichen Probanden für die vordere Zahnbogenbreite einen Mittelwert von 37,7 mm mit einer Standardabweichung von 1,9 mm und für die weiblichen Probanden einen Mittelwert von 36,3 mm mit einer Standardabweichung von 1,7 mm. Für die hintere Zahnbogenbreite berechneten sie einen Mittelwert von 49,4 mm mit einer Standardabweichung von 2,3 mm und für die weiblichen Probanden einen Mittelwert von 47,5 mm mit einer Standardabweichung von 2,1 mm. Zwischen den Geschlechtern wurde mittels eines t-Testes ein signifikanter Unterschied berechnet, der zeigt, dass die männlichen Probanden signifikant größere Zahnbogenbreiten aufweisen als die weiblichen Probanden. Einen Einfluss auf eine Korrelationsanalyse dürfte dieses Ergebnis nicht haben, da ein Unterschied in den absoluten Größen nicht das Verhältnis zwischen zwei Messstrecken ändert. Weiterhin wurde allerdings in der Arbeit von Mühlberg et al.

[1969] ein signifikanter Geschlechtsunterschied bezüglich der Größe der Zahnbogenbreiten bei gleichen Werten für die Summe der Schneidezahnbreiten festgestellt. Das Verhältnis zwischen den Messstrecken wäre in diesem Fall unterschiedlich und müsste sich auch bei der Berechnung der Korrelationskoeffizienten widerspiegeln. Bei der Berechnung der Pearson-Korrelationskoeffizienten konnte aber kein deutlicher geschlechtsspezifischer Unterschied festgestellt werden. Zwischen der Summe der Inzisivi im Oberkiefer und der vorderen Zahnbogenbreite wurde ein Korrelationskoeffizient bei den männlichen Probanden von  $r=0,43$  und bei den weiblichen Probanden von  $r=0,37$  berechnet. Zwischen der Summe der Inzisivi im Oberkiefer und der hinteren Zahnbogenbreite wurde ein Korrelationskoeffizient bei den männlichen Probanden von  $r=0,35$  und bei den weiblichen Probanden von  $r=0,33$  berechnet. Diese Ergebnisse differieren von den Ergebnissen in unserer Studie, in der kein signifikanter Korrelationskoeffizient berechnet wurde. Die in der Arbeit von Mühlberg et al. [1969] gezeigten geschlechtsspezifischen Unterschiede sind in deren Korrelationskoeffizienten nicht deutlich wiederzufinden und somit unserer Ansicht nach vernachlässigbar. Aus Studien von Grewe [1970], Knott [1972] sowie Little [1987] ist bekannt, dass die Zahnbogenbreite sich im Altersverlauf ändert. Aus diesem Grund wurde in der vorliegenden Studie der Pearson-Korrelationskoeffizient nur für jede Altersklasse einzeln ausgerechnet (siehe Tabelle 10-3 bis Tabelle 10-11) und eine partielle Korrelation berechnet mit der Störvariable Alter (siehe Tabelle 3-6). In der Studie von Mühlberg et al. [1969] wurde das Alter der Probanden nicht berücksichtigt, wodurch möglicherweise eine Scheinkorrelation verursacht wurde und ein Grund für die unterschiedlichen Korrelationskoeffizienten in deren und dieser Studie darstellen könnte. Die Schlussfolgerung, die Mühlberg et al. [1969] ziehen, wonach sie zwar statistisch gesicherte, jedoch nicht sehr enge und gleichsinnige Korrelationen berechnet haben, unterstützt das Ergebnis der vorliegenden Studie.

In einer Studie von Brune [1966] wurden 100 Kiefermodelle von Personen aus einer norddeutschen Population mit normaler Okklusion untersucht. Bezüglich des Alters und des Geschlechtes wurde nicht unterschieden. Voraussetzung war, dass die dritten Molaren noch nicht durchgebrochen waren. Für die Zahnbreitensumme der Inzisivi im Oberkiefer wurde ein Mittelwert von 31,7 mm sowie ein Minimum von 27 mm und Maximum von 37,5 mm berechnet. Der Mittelwert in unserer Studie von 29,3 mm

(siehe Tabelle 3-7) für die Summe der Inzisivi im Oberkiefer (SIOK(24)) ist im Vergleich zum Mittelwert aus der Studie von Brune [1966] um 2,4 mm kleiner. Das in unserer Studie berechnete Minimum von 25,2 mm (siehe Tabelle 3-7) sowie das Maximum von 34,2 mm (siehe Tabelle 3-7) sind um jeweils 1,8 mm und 3,3 mm kleiner als die Werte in der Studie von Brune [1966], so dass in der indischen Population der vorliegenden Studie insgesamt in mesio-distaler Breite kleinere Schneidezähne vorliegen. Wie bereits in der Studie von Dalidjan et al. [1995] erwähnt, haben sich signifikante populationsspezifische Unterschiede in der Schneidezahnbreite und Zahnbogenbreite gezeigt. In einer Studie von Gupta et al. [1979] wurde bei 100 Kiefermodellen einer nordindischen Population die Zahnbreitensumme der Inzisivi im Oberkiefer mit einer Schieblehre („Helios Caliper“) vermessen. Wenn man die berechneten Werte der Zahnbreitensumme der Inzisivi im Oberkiefer aus unserer Studie mit den Werten aus der Studie von Gupta et al. [1979] vergleicht, stellt man fest, dass der Mittelwert aus unserer Studie nur 0,5 mm kleiner ist, das Minimum um weniger als 0,1 mm kleiner und das Maximum nur 0,6 mm größer ist. Diese kleinen Werteunterschiede bezüglich der Zahnbreitensumme der Inzisivi zeigen, dass sich unser Datenmaterial, von indischen Schädeln stammend, deutlich besser mit dem Datenmaterial von Gupta et al. [1979], von einer nordindischen Population stammend, deckt, als mit den Daten von Brune [1966] aus einer norddeutschen Population. Die von Dalidjan et al. [1995] festgestellten populationsspezifischen Unterschiede könnten auch Ursache für die unterschiedlichen Messergebnisse bezüglich der Zahnbreitensumme der Inzisivi des Oberkiefers zwischen unseren Messwerten und denen von Brune [1966] sein. Die Messwerte in der vorliegenden Studie für die dentale Basis des Oberkiefers (13b) stimmen am ehesten mit den Messwerten für die hintere Zahnbogenbreite von Brune [1966] überein. Das Minimum unserer Studie ist um 1,4 mm größer, das Maximum um 1,6 mm kleiner und der Mittelwert um 0,4 mm größer als die Werte von Brune [1966]. Der unterschiedliche Mittelwert ist am ehesten mit den unterschiedlichen Messpunkten erklärbar.

Brune [1966] hat in seiner Studie in gleicher Weise wie Pont [1909] einen Index für die vordere und hintere Zahnbogenbreite des Oberkiefers berechnet. Für die vordere Zahnbogenbreite des Oberkiefers wurde ein durchschnittlicher Indexwert von 84 und für die hintere Zahnbogenbreite von 64 berechnet. Der in der vorliegenden Studie berechnete durchschnittliche Indexwert für den Oberkiefer von 59,7 (Index OK) (siehe Abbildung

3-26) ist deutlich kleiner, als der vergleichbare Indexwert von Brune [1966] für die hintere Zahnbogenbreite von 64. Die unterschiedlichen Indexwerte lassen sich leicht durch die Mittelwertunterschiede erklären. Die in der vorliegenden Studie berechnete Standardabweichung für den Index im Oberkiefer für die dentale Basis des Oberkiefers (13b) von 4,7 (siehe Abbildung 3-26) zeigt, dass der berechnete Indexwert des Oberkiefers von Brune [1966] sowie von Pont [1909] (siehe Kapitel 1.5) für die hintere Zahnbogenbreite in der einfachen Standardabweichung unseres Indexes liegen, also innerhalb des 67%igen Wahrscheinlichkeitsgebietes der Normalverteilung. Folglich kann man unseren Indexwert für den Oberkiefer mit denen von Brune [1966] und Pont [1909] statistisch gesehen als Synonym betrachten, trotz unterschiedlicher Messpunkte für die Vermessung der dentalen Basis des Oberkiefers (13b) und der hinteren Zahnbogenbreite und einer deutlichen Differenz in den Mittelwerten von 2,4 mm für die Zahnbreitensumme der Inzisivi im Oberkiefer (SIOK (24)) in der Studie von Brune [1966] und unserer Studie.

Für den Index im Unterkiefer wurde in der Studie von Brune [1966] kein entsprechender Wert berechnet, wobei die von uns ebenfalls hoch berechnete Standardabweichung von 4,4 (siehe Abbildung 3-27) ein ähnliches Ergebnis vermuten lässt.

Zusätzlich wurden in der Studie von Brune [1966] Korrelationskoeffizienten zwischen der Zahnbreitensumme der Inzisivi im Ober- und Unterkiefer und der entsprechenden hinteren Zahnbogenbreite berechnet. Für den Oberkiefer wurde ein Korrelationskoeffizient von  $r=0,34$  und für den Unterkiefer von  $r=0,29$  errechnet. Die Tendenz, dass bei den Korrelationsanalysen kein deutlicher Zusammenhang zwischen der Schneidezahnbreite und der Zahnbogenbreite vorliegt, wird auch durch die von Brune [1966] berechneten Korrelationskoeffizienten bestätigt.



## 5 Zusammenfassung

Für die kieferorthopädische Therapie ist die Kenntnis über die Entwicklung des kraniofazialen Systems von großer Bedeutung. Bislang sind neben einer Vielzahl von Studien über die sagittale und vertikale Schädelentwicklung nur wenige über die transversale Entwicklung vorhanden. Ziel der vorliegenden Arbeit war die Untersuchung des quantitativen transversalen Wachstums vom Kleinkind- bis zum Erwachsenenalter sowie die Überprüfung der Korrelationen zwischen der Breite des Kraniums, des Gebisses und der Unterkieferbreite. 201 mazerierte Schädel aus der kieferorthopädischen Abteilung der Universität Marburg wurden untersucht. Mit Schieblehren, Korkhauszirkel und einem Linienlasermodule wurden die verschiedenen Strecken vermessen. Die Ergebnisse sind in Form von Mittelwerten, Streudiagrammen und Histogrammen dargestellt und wurden anhand von Faktorenanalysen und partiellen Korrelationen untersucht.

Das größte postnatale transversale Wachstum zeigte sich im Bereich der Jochbögen mit 29,1 mm. Weiter nach kranial, kaudal und ventral von der Jochbogenbreite aus nahm die Wachstumstendenz ab. Die skelettale Basis des Oberkiefers zeigte das größte transversale Wachstum bis ins Erwachsenenalter mit 12,5 mm, wobei eine Verringerung der Wachstumsgeschwindigkeit ab dem achten Lebensjahr festzustellen war. Bis zum zwölften Lebensjahr nahm die dentale Basis transversal um 5,0 mm zu mit anschließendem Wachstumsabschluss. Bis ins Erwachsenenalter wies die apikale Basis mit 2,9 mm das geringste Wachstum auf. Kieferorthopädisch wachstumsfördernde oder hemmende Maßnahmen können daher im Bereich der dentalen Basis bis zum 12. Lebensjahr und im Bereich der apikalen und skelettalen Basis darüber hinaus bis zum 19. Lebensjahr empfohlen werden. Die dentale, apikale und skelettale Basis des Unterkiefers zeigte nur eine geringe Wachstumstendenz und bietet somit keinen Erfolg versprechenden Therapieansatz.

Anhand von partiellen Korrelationsanalysen konnte ein Zusammenhang zwischen der Schädelbreite und der Zahnbogenbreite der bleibenden Zähne des Oberkiefers

festgestellt werden ( $r=0,70$  bis  $0,85$ ). Die größte Korrelation bestand zwischen der Zahnbogenbreite der bleibenden Zähne des Oberkiefers und dem Interkondylarabstand ( $r=0,87$ ) sowie zum Jochbogenabstand ( $r=0,85$ ). Für das Milchgebiss konnte dies nicht festgestellt werden. Die Milchzähne zeigten keine entsprechende signifikante Korrelation. Die apikale Basis des Oberkiefers war von den übrigen Messstrecken unabhängig. Die Breite des Unterkiefers an den Kondylen wurde deutlich durch die Breite des Schädels bestimmt. Im Bereich der Kieferwinkel wurde dieser Zusammenhang schwächer und verschwand fast vollständig bei der dentalen-, apikalen- und skelettalen Basis des Unterkiefers. Die Korrelation der Unterkieferbreite zur Breite im oberen Gesichtsschädel nimmt demnach in kaudaler und ventraler Richtung ab. Inwieweit die Interkondylarbreite und der Jochbogenabstand im klinischen Alltag zur Bestimmung der Zahnbogenbreite von Nutzen sind, soll in folgenden Studien überprüft werden.

Der immer noch verwendete Pont Index setzt einen Zusammenhang zwischen der Schneidezahnbreite und der Zahnbogenbreite voraus. In der vorliegenden Studie konnte anhand von partiellen Korrelationsanalysen dieser Zusammenhang nicht festgestellt werden. Bei der Überprüfung des Indexes erwies sich dieser als sehr unspezifisch, so dass dessen Anwendung in der klinischen Praxis nicht empfohlen werden kann.

## 6 Abstract

The craniofacial system and the knowledge about its development form a major component in the orthodontic therapy. Various studies investigated the sagittal and vertical craniofacial growth but only a few studies, to our knowledge, present data about the transversal craniofacial growth. Therefore, the current study intends to investigate transversal craniofacial growth from the age from infant until adulthood, as well as the correlation between the width of the cranium, dental arch and mandible. Two-hundred-and-one macerated craniums of the orthodontic department at the University in Marburg were measured. Callipers, Korkhaus divider and a line laser module were used to measure the different anatomic lengths. Data are presented as mean, scatter plots and histograms; partial correlation and factor analyses were performed.

The largest postnatal transversal growth was found at the zygomatic arches with 29.1mm. The growth tendency was decreasing further cranial, caudal and ventral of the zygomatic arches. The skeletal base of the maxilla presented the largest transversal growth up into adulthood with 12.5mm, whereas a decrease in growth velocity was found after the age of eight. The dental base increased transversally 5.0mm until the age of 12 years, followed by a growth termination. The apical base showed the lowest transversal increase with 2.9mm until adulthood. As a result we recommend orthodontical growth influencing techniques in the area of the dental base up to the age of 12 years and in the area of the apical and skeletal base until the age of 19 years. Minimal transverse growth was found at the dental-, apical- and skeletal base of the mandible and hence expansion seems to be less efficient.

Partial correlation analysis showed a significant relationship between facial width and dental arch width ( $r=0.7$  to  $0.85$ ) of the permanent teeth of the maxilla. The most prominent correlation was found between the dental arch width of the maxilla and the intercondylary distance ( $r=0.87$ ) and zygomatic arch width ( $r=0.85$ ). This correlation was not significant in the deciduous dentition. The apical base of the maxilla did not depend on other anatomic dimensions. The width of the mandible in the area of

the condylus significantly depended on the width of the cranium. This correlation was weaker at the angulus mandibulae and nearly disappeared at the dental, apical and skeletal base of the mandible. Therefore, the correlation between mandibular width and the width in the upper viscerocranium decreased in a ventro-caudal direction. Further studies are needed to investigate whether intercondylar width and zygomatic arch width can be used to calculate dental arch width in clinical practice.

The still used Pont index is founded on an assumed relationship between incisor width and dental arch width. Partial correlation analysis in the present study did not support this assumption. The calculation of the Pont index was rather unspecific and therefore cannot be recommended for further clinical use.

## 7 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1:	Wachstumsstrukturen des Craniums in einer schematischen Darstellung, modifiziert nach Schumacher [Schumacher 1997] .....	6
Abbildung 2-1:	Elektronische Schieblehre der Firma Brown & Sharpe (Renens, Schweiz) .....	25
Abbildung 2-2:	Linienlasermodule OLP-503 PL von Conrad Elektronik (Hirschau, Deutschland) .....	26
Abbildung 2-3:	Mechanische Schieblehre .....	26
Abbildung 2-4:	Korkhauszirkel der Firma SEITZ & HAAG (Gießen, Germany) ....	27
Abbildung 2-5:	Messung der Zahnbreite im Unterkiefer.....	29
Abbildung 2-6:	Messung der dentalen Basis des Unterkiefers .....	30
Abbildung 2-7:	Messpunktbestimmung apikale Basis des Unterkiefers .....	30
Abbildung 2-8:	Messung der apikalen Basis des Unterkiefers .....	31
Abbildung 2-9:	Messung der skelettalen Basis des Unterkiefers.....	31
Abbildung 2-10:	Messpunkt am Angulus mandibulae .....	32
Abbildung 2-11:	Messung am Angulus mandibulae.....	32
Abbildung 2-12:	Messung der Zahnbreite im Oberkiefer.....	33
Abbildung 2-13:	Messung der dentalen Basis des Oberkiefers .....	34
Abbildung 2-14:	Messung der apikalen Basis des Oberkiefers .....	34
Abbildung 2-15:	Messpunkt der skelettalen Basis des Oberkiefers .....	35
Abbildung 2-16:	Messung der skelettalen Basis des Oberkiefers.....	35
Abbildung 2-17:	Messpunkt an der Sutura zygomaticomaxillaris.....	36
Abbildung 2-18:	Messung an der Sutura zygomaticomaxillaris.....	36
Abbildung 2-19:	Messung der Schädelbreite am Arcus zygomaticus .....	37
Abbildung 2-20:	Messung der Biauricularbreite.....	37
Abbildung 2-21:	Messung der Bizygomaticumbreite .....	38
Abbildung 2-22:	Messung der Transorbitabreite .....	38
Abbildung 2-23:	Messung des Winkels am Os petrosum rechts .....	39
Abbildung 2-24:	Messung des Winkels am Os petrosum links .....	39
Abbildung 2-25:	Messung des Intercondylarabstandes .....	40

Abbildung 3-1:	Zahnbreite 12 und 52 gegen „step function“ age aufgetragen.....	50
Abbildung 3-2:	Zahnbreite 11 und 51 gegen „step function“ age aufgetragen.....	51
Abbildung 3-3:	Zahnbreite 21 und 61 gegen „step function“ age aufgetragen.....	52
Abbildung 3-4:	Zahnbreite 22 und 62 gegen „step function“ age aufgetragen.....	53
Abbildung 3-5:	Zahnbreite 32 und 72 gegen „step function“ age aufgetragen.....	54
Abbildung 3-6:	Zahnbreite 31 und 71 gegen „step function“ age aufgetragen.....	55
Abbildung 3-7:	Zahnbreite 41 und 81 gegen „step function“ age aufgetragen.....	56
Abbildung 3-8:	Zahnbreite 42 und 82 gegen „step function“ age aufgetragen.....	57
Abbildung 3-9:	Dentale Basis des Unterkiefers, auf der Höhe von Zahn V/5, gegen „step function“ age aufgetragen.....	58
Abbildung 3-10:	Apikale Basis des Unterkiefers, auf der Höhe von Zahn V/5, gegen „step function“ age aufgetragen.....	59
Abbildung 3-11:	Skelettale Basis des Unterkiefers, auf der Höhe von Zahn V/5, gegen „step function“ age aufgetragen.....	60
Abbildung 3-12:	Angulus mandibulae gegen „step function“ age aufgetragen.....	61
Abbildung 3-13:	Dentale Basis des Oberkiefers, auf der Höhe von Zahn V/5, gegen „step function“ age aufgetragen.....	62
Abbildung 3-14:	Apikale Basis des Oberkiefers, auf der Höhe von Zahn V/5, gegen „step function“ age aufgetragen.....	63
Abbildung 3-15:	Skelettale Basis des Oberkiefers, auf der Höhe von Zahn V/5, gegen „step function“ age aufgetragen.....	64
Abbildung 3-16:	Sutura zygomaticomaxillaris gegen „step function“ age aufgetragen .....	65
Abbildung 3-17:	Arcus zygomaticus gegen „step function“ age aufgetragen .....	66
Abbildung 3-18:	Biauricularbreite gegen „step function“ age aufgetragen.....	67
Abbildung 3-19:	Bizygomaticumbreite gegen „step function“ age aufgetragen .....	68
Abbildung 3-20:	Transorbitabreite gegen „step function“ age aufgetragen .....	69
Abbildung 3-21:	Winkel am Os petrosum rechts gegen „step function“ age aufgetragen .....	70
Abbildung 3-22:	Winkel Os petrosum links gegen „step function“ age aufgetragen..	71
Abbildung 3-23:	Transversaler Intercondylarabstand gegen „step function“ age aufgetragen .....	72

Abbildung 3-24: Zahnbreitensumme der Inzisivi im Oberkiefer gegen „step function“ age aufgetragen.....	73
Abbildung 3-25: Zahnbreitensumme der Inzisivi im Unterkiefer gegen „step function“ age aufgetragen.....	74
Abbildung 3-26: Histogramm für den Index OK (N=33, Mittelwert=59,73, SD=4,65) .....	86
Abbildung 3-27: Histogramm für den Index UK (N=29, Mittelwert=50,48, SD=4,43) .....	87
Abbildung 10-1: Poster, 77. Wissenschaftl. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Kieferorthopädie Freiburg i. Br. 22.-26. September 2004.....	161

## 8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Einteilung des dentalen Alters [Greiner 2000; Dibbets 2007] .....	23
Tabelle 2-2: Bestimmung des Zahnalters der Schädel mittels der Marburger „step function“ .....	24
Tabelle 2-3: Zuordnung der untersuchten Schädel nach Altersklassen und Geschlecht	25
Tabelle 2-4: Erläuterung der in der Tabelle 3-1 bis Tabelle 10-11 vorkommenden Variablen. ....	28
Tabelle 2-5: Abstufungen der Korrelationskoeffizienten nach Bühl und Zöfel [2000] .	44
Tabelle 3-1: Methodenfehler nach Dahlberg [1940]. Variablennummer (Nr.), Variablenabkürzung (Strecken), Anzahl (n), Methodenfehler (MF).....	46
Tabelle 3-2: Änderung der untersuchten Strecken mit dem Alter. Fallzahl (n), Altersklasse (Ak), Mittelwert 1 (MW1), Mittelwert 2 (MW2), Standardabweichung (SD), Differenz der Mittelwerte MW2 und MW1 (MW Differenz), t-Test Irrtumswahrscheinlichkeit (p).....	48
Tabelle 3-3: Rotierte Komponentenmatrix der Variablen 0 und 9 bis 23 (Milchzähne)	75
Tabelle 3-4: Rotierte Komponentenmatrix der Variablen 0 und 9 bis 25 (bleibende Zähne).....	76
Tabelle 3-5: Partielle Korrelation der Variablen 9 bis 23 (Milchzähne).....	82
Tabelle 3-6: Partielle Korrelation der Variablen 9 bis 25 (bleibende Zähne) .....	84
Tabelle 3-7: Variationsbreite der für den Index OK/UK berechneten Variablen: Fallzahl (n), Mittelwert in mm (MW), Standardabweichung in mm (SD), Minimum in mm (Min), Maximum in mm (Max) .....	87
Tabelle 10-1: Kolmogorov-Smirnov-Test .....	150
Tabelle 10-2: t-Test bei zwei unabhängigen Stichproben .....	152
Tabelle 10-3: Korrelation der „step function“ Klasse 2 .....	154
Tabelle 10-4: Korrelation der „step function“ Klasse 4 .....	155
Tabelle 10-5: Korrelation der „step function“ Klasse 6 .....	155
Tabelle 10-6: Korrelation der „step function“ Klasse 8 .....	156
Tabelle 10-7: Korrelation der „step function“ Klasse 10 .....	156
Tabelle 10-8: Korrelation der „step function“ Klasse 12 .....	157



Tabelle 10-9: Korrelation der „step function“ Klasse 14 .....	157
Tabelle 10-10: Korrelation der „step function“ Klasse 19 .....	158
Tabelle 10-11: Korrelation der „step function“ Klasse 30 .....	158
Tabelle 10-12: Zusammenfassung der Messwerte der Variablen 9 bis 25 für die jeweiligen Altersklassen Altersklassen (AK), Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD), Anzahl der Fälle (N), Minimum (Min), Maximum (Max) .....	159

## 9 Literaturverzeichnis

1. **Aboul-Azm, S. F. and M. R. Korayem (1987).**  
"Craniofacial width dimensions in Egyptians."  
*Egypt Orthod J* 1: 9-18.
2. **Adams, C. P. (1963).**  
"An investigation into the relation between face width and upper dental arch in five year old children."  
*Transact. EOS, Albani, Den Haag*
3. **Allen, D., J. Rebellato, R. Sheats and A. M. Ceron (2003).**  
"Skeletal and dental contributions to posterior crossbites."  
*Angle Orthod* 73: 515-524.
4. **Athanasiou, A. E., H. Droschl and C. Bosch (1992).**  
"Data and patterns of transverse dentofacial structure of 6- to 15-year-old children: a postero-anterior cephalometric study."  
*Am J Orthod Dentofacial Orthop* 101: 465-471.
5. **Bakwin, H. and R. M. Bakwin (1936).**  
"Form and Dimensions of the Palate During the First Year of Life."  
*Int J Orthodontia* 22: 1018-1024.
6. **Barrow, G. V. and J. R. White (1952).**  
"Developmental changes of the maxillary and mandibular dental arches."  
*Angle Orthod* 22: 41-46.
7. **Barsley, R. E. and D. M. Lancaster (1987).**  
"Measurement of arch widths in a human population: relation of anticipated bite marks."  
*J Forensic Sci* 32: 975-982.
8. **Bastien, G. B. (1983).**  
"Applied functional orthopedic and orthodontic therapy: a synopsis."  
*Ortho Organizers Inc., San Marcos, California* 12-15.
9. **Basyouni, A. A. and S. K. Nanda (2000).**  
"An atlas of the transverse dimensions of the face."  
*McNamara Jr J A (ed.) Monograph No. 37, Craniofacial Growth Series, Center for Human Growth and Development, University of Michigan, Ann Arbor*
10. **Behrents, R. G. (1985).**  
"Growth in the aging craniofacial skeleton."  
*Monograph 17, Craniofacial Growth Series, Center for Human Growth and Development, University of Michigan, Ann Arbor*

11. **Behrents, R. G. and E. F. Harris (1991).**  
 "The premaxillary-maxillary suture and orthodontic mechanotherapy."  
*Am J Orthod Dentofacial Orthop* 99: 1-6.
12. **Berger, H. (1926).**  
 "Untersuchungen über das Verhältnis der Schädelbreite zur Zahnbogenbreite."  
*Correspondenz-Blatt fuer Zahnärzte* 51
13. **Berger, H. (1932).**  
 "Wie steht es um die Jochbogen-Molaren-Relation."  
*Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie* 2: 309-319.
14. **Berger, H. (1952).**  
 "Twenty-five years' experience with the zygomatic method."  
*Am J Orthod Dentofacial Orthop* 98: 369-381.
15. **Betts, N. J., R. L. Vanarsdall, H. D. Barber, K. Higgins-Barber and R. J. Fonseca (1995).**  
 "Diagnosis and treatment of transverse maxillary deficiency."  
*Int J Adult Orthodon Orthognath Surg* 10: 75-96.
16. **Bimler, H. P. (1977).**  
 "The Bimler appliance."  
*Graber, T. M., Newmann, B., eds. Removable orthodontic appliances.*  
*Philadelphia: WB Saunders*
17. **Bishara, S. E., J. R. Jakobsen, J. Treder and A. Nowak (1997).**  
 "Arch width changes from 6 weeks to 45 years of age."  
*Am J Orthod Dentofacial Orthop* 111: 401-409.
18. **Björk, A., T. Brown and V. Skieller (1984).**  
 "Comparison of craniofacial growth in an Australian aboriginal and Danes, illustrated by longitudinal cephalometric analyses."  
*Eur J Orthod* 6: 1-14.
19. **Björk, A. and V. Skieller (1976).**  
 "Postnatal growth and development of the Maxillary Complex, Reprinted from factors affecting the growth of the midface, Mc Namara J. A., ed."  
*Center for Human Growth and Development, University of Michigan* 6: 61-99.
20. **Brune, K. (1966).**  
 "Die Brauchbarkeit der Zahnbogenindizes in der Kieferorthopädie."  
*Zahnärztl Praxis* 17: 79-82.
21. **Bühl, A. and P. Zöfel (2000).**  
 "SPSS Version 10. Einführung in die moderne Datenanalyse unter Windows."  
 7. Auflage. Addison-Wesley, München

22. **Channing, W. and C. Wissler (1908).**  
 "The Hard Palate in Normal and Feeble-minded Individuals."  
*Anthropol. Papers, Am. Mus. Nat. Hist.* 1: 283-349.
23. **Cortella, S., F. S. Shofer and J. Ghafari (1997).**  
 "Transverse development of the jaws: norms for the postero-anterior cephalometric analysis."  
*Am J Orthod Dentofacial Orthop* 112: 519-522.
24. **Dahlberg, G. (1940).**  
 "Statistical methods for medical and biological students."  
*Interscience Publications, New York* 122-132.
25. **Dalidjan, M., W. Sampson and G. Townsend (1995).**  
 "Prediction of dental arch development: an assessment of Pont's Index in three human populations."  
*Am J Orthod Dentofacial Orthop* 107: 465-475.
26. **DeKock, W. H. (1972).**  
 "Dental arch depth and width studied longitudinally from 12 years of age to adulthood."  
*Am J Orthod* 62: 56-66.
27. **Dibbets, J. M. H. (2007).**  
 "Lehre im Studentenunterricht Marburg SS 2007."  
*Marburg, Univ., Kieferorthopädische Abteilung*
28. **Dwight, T. (1890).**  
 "The closure of the sutures as a sign of age."  
*Med Surg J, Boston* 122: 389-392.
29. **Enlow, D. H. and M. G. Hans (1996).**  
 "Essentials of facial growth."  
*Saunders, Philadelphia*
30. **Ferris, H. C. (1914).**  
 "Discussion of Dr. G. V. I. Brown's Paper."  
*Dent. Cosmos* 56: 218.
31. **Gabrisch (2004).**  
 "Persönliche Mitteilung, unveröffentlichte Untersuchung."  
*Marburg, Univ., Kieferorthopädische Abteilung*
32. **Goldstein, M. S. (1936).**  
 "Changes in dimensions and form of the face and the head with age."  
*Am J Phys Anthropol* 22: 37-89.

33. **Greiner, P. (2000).**  
 "Die Frankfurter Horizontale. Eine anatomisch-röntgencephalometrische Untersuchung zur Lageveränderung von Porion und Orbita während des Wachstums."  
*Marburg, Univ., Diss., 2000*
34. **Grewe, J. M. (1970).**  
 "Inter canine width variability in American Indian children."  
*Angle Orthod* 40: 353-358.
35. **Gupta, D. S., V. P. Sharma and S. P. Aggarwal (1979).**  
 "Pont's Index as applied on Indians."  
*Angle Orthod* 49: 269-271.
36. **Hägg, U. and J. Taranger (1985).**  
 "Dental development, dental age and tooth counts."  
*Angle Orthod* 55: 93-107.
37. **Harris, G. S. (1938).**  
 "A study of asymmetries of the face and skull in Phillipine crania."  
*Master's thesis, School of Dentistry, University of Michigan*
38. **Harth, P. (1930).**  
 "Biometrische Untersuchungen über die Dimensionen des Normalgebisses in verschiedenen Lebensaltern- Intermaxilläre Beziehungen."  
*Dtsch Monatsschr Zahnheilk* 48: 1537.
39. **Harvold, E. (1951).**  
 "The asymmetries of the upper facial skeleton and their morphological significance."  
*Trans Eur Orthod Soc* 63-79.
40. **Harzer, W. (1999).**  
 "Lehrbuch der Kieferorthopädie."  
*Carl Hanser Verlag München, Wien*
41. **Hassanali, J. and J. W. Odhiambo (2000).**  
 "Analysis of dental casts of 6-8- and 12-year-old Kenyan children."  
*Eur J Orthod* 22: 135-142.
42. **Hellman, M. (1927).**  
 "Changes in the human face brought about by development."  
*Int J Orthod* 31: 475-516.
43. **Hellman, M. (1932).**  
 "An introduction to growth of the human face from infancy to adulthood."  
*Int J Oral Surg Radiography* 18: 777-798.

44. **Hellman, M. (1939).**  
 "Some facial features and their orthodontic implication."  
*Am J Orthod Oral Surg* 25: 927-951.
45. **Herold, J. S. (1989).**  
 "Maxillary expansion: a retrospective study of three methods of expansion and their long-term sequelae."  
*Br J Orthod* 16: 195-200.
46. **Herren, P. (1975).**  
 "Bestimmung von Transversaldurchmessern der Zahnbögen aus der Breite des Ramus ascendens mandibulae in der Fern-Röntgenaufnahme."  
*Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie* 36: 1975.
47. **Hopp, W. M. and H. V. Meredith (1956).**  
 "A longitudinal study of dental arch width at the deciduous second molars on children 4 to 8 years of age."  
*J Dent Res* 35: 879-889.
48. **Ingerslev, C. H. and B. Solow (1975).**  
 "Sex differences in craniofacial morphology."  
*Acta Odontol Scand* 33: 85-94.
49. **Izard, G. (1927).**  
 "New method for the determination of the normal arch and its applications to orthodontia."  
*Int J Orthod* 13: 582-595.
50. **Jacobson, A. (1955).**  
 "Embryological evidence for the nonexistence of the premaxilla in man."  
*J D A S A* 20: 189.
51. **Joondeph, D. R., R. A. Riedel and A. W. Moore (1970).**  
 "Pont's index: a clinical evaluation."  
*Angle Orthod* 40: 112-118.
52. **Kato, K. (1979).**  
 "Studies on growth and development of dentition in Japanese Children - Examination of the longitudinal casts from deciduous dentition to the period of permanent dentition."  
*Shikwa Gakuho* 79: 991-1027.
53. **Knott, V. B. (1961).**  
 "Size and form of the dental arches in children with good occlusion studied longitudinally from nine years to late adolescence."  
*Am. J. Phys. Anthropol.* 19: 263-284.

54. **Knott, V. B. (1972).**  
"Longitudinal study of dental arch widths at four stages of dentition."  
*Angle Orthod* 42: 387-394.
55. **Kokich, V. G. (1976).**  
"Age changes in the human frontozygomatic suture from 20 to 95 years."  
*Am J Orthod* 69: 411-430.
56. **Korkhaus, G. (1932).**  
"Orthodontische Diagnostik, dreidimensionale Modellvermessung."  
*Fortschr Zahnheilk* 8: 719-736.
57. **Korkhaus, G. and C. Bruhn (1929).**  
"Handbuch der Zahnheilkunde, Bd. IV, Gebiß-, Kiefer- und Gesichtsorthopädie."  
*1. u. 2. Aufl. J. F. Bergermann, München*
58. **Krebs, A. (1964).**  
"Midpalatal suture expansion studied by the implant method over a seven-year period."  
*Europ Orthodontic Society, Report of the fortieth Congress, Athen (Greece)* 131-142.
59. **Krogman, W. M. (1930).**  
"Studies in growth changes in the skull and face of anthropoids. Ectocranial and endocranial suture closure in anthropoids and old world apes."  
*Am J Anat* 46: 315-353.
60. **Krogman, W. M. (1973).**  
"Craniofacial growth and development: an appraisal."  
*J Am Dent Assoc* 87: 1037-1043.
61. **Lamons, F. F. (1964).**  
"The Crozat removable appliance."  
*Am J Orthod* 50: 265-292.
62. **Latham, R. A. and W. R. Burston (1966).**  
"The postnatal pattern of growth at the sutures of the human skull. An histological survey."  
*Dent Pract Dent Rec* 17: 61-67.
63. **Lavelle, C. L., T. D. Foster and R. M. Flinn (1971).**  
"Dental arches in various ethnic groups."  
*Angle Orthod* 41: 293-299.
64. **Lebret, L. (1962).**  
"Growth Changes of the Palate."  
*J Dent Res* 41: 1391-1404.

65. **Lee, R. T. (1999).**  
"Arch width and form: a review."  
*Am J Orthod Dentofacial Orthop* 115: 305-313.
66. **Little, R. M. (1987).**  
"The effects of eruption guidance and serial extraction on the developing dentition."  
*Pediatr Dent* 9: 65-70.
67. **Lochmann, U. (1999).**  
"Metrische Kriterien für Taurodontismus. Eine Studie auf der Basis von OPG- Röntgenbilddauswertungen."  
*Marburg, Univ., Diss., 1999*
68. **Lux, C. J., C. Conradt, D. Burden and G. Komposch (2003).**  
"Dental arch widths and mandibular-maxillary base widths in Class II malocclusions between early mixed and permanent dentitions."  
*Angle Orthod* 73: 674-685.
69. **Lux, C. J., C. Conradt, D. Burden and G. Komposch (2004).**  
"Transverse development of the craniofacial skeleton and dentition between 7 and 15 years of age--a longitudinal postero-anterior cephalometric study."  
*Eur J Orthod* 26: 31-42.
70. **Lysell, L., B. Magnusson and B. Thilander (1962).**  
"Time and order of eruption of the primary teeth."  
*Odontologisk Revy* 13: 217-234.
71. **Marshall, K. (1987).**  
"An Investigation into Pont's Index and arch width changes."  
*Master thesis, Oregon Health Sciences University, Portland*
72. **Melsen, B. (1975).**  
"Palatal growth studied on human autopsy material. A histological micro-radiographical study."  
*Am. J. Orthodont.* 68: 42-54.
73. **Meredith, H. V. (1960).**  
"Changes in form of the head and face during childhood."  
*Growth* 24: 215-264.
74. **Meredith, H. V. and L. B. Higley (1951).**  
"Relationships between dental arch widths and widths of the face and head."  
*Am J Orthod* 37: 193-204.
75. **Meyer, O. E. (1929).**  
"Biometrische Untersuchungen der anatomisch richtigen Okklusion."  
*Deutsche Monatschr. f. Zahnh.* 22: 1137-1164  
1185-1226.



76. **Miethke, R. R. (2000).**  
 "Schädelentwicklung."  
*Diedrich, P., EDS. Kieferorthopädie I. Orofaziale Entwicklung und Diagnostik.*  
*Urban&Fischer Verlag, München* 19-44.
  
77. **Mochizuki, K. (1965).**  
 "Longitudinal study concerning growth change of Dentition."  
*J Stomatol Soc Jpn* 32: 357-367.
  
78. **Moorrees, C. F. (1959).**  
 "The dentition of the growing child. A longitudinal study of dental development between 3 and 18 years of age."  
*Harvard University Press, Cambridge*
  
79. **Moorrees, C. F. and R. L. Kent, Jr. (1978).**  
 "A step function model using tooth counts to assess the developmental timing of the dentition."  
*Ann Hum Biol* 5: 55-68.
  
80. **Moyers, R. E. (1988).**  
 "Handbook of Orthodontics."  
*4th Edition, Year Book Medical Publishers, Chicago*
  
81. **Moyers, R. E., F. P. G. M. van der Linden, M. C. Riolo and J. A. McNamara jr. (1976).**  
 "Standards of human occlusal development."  
*Monograph No. 5, Craniofacial growth series, Ann Arbor, University of Michigan*
  
82. **Moyers, R. E., F. P. G. M. van der Linden, M. L. Riolo and J. A. McNamara jr. (1969).**  
 "Standards of Human Occlusal Development."  
*Center for Human Growth and Development, Michigan* 1-371.
  
83. **Mühlberg, G., H. Bräuniger and J. Weiskopf (1969).**  
 "Zur kritischen Bewertung des Pont'schen Indexes unter Berücksichtigung des geschlechtbedingten Einflusses."  
*Dtsch Stomatol* 19: 689-700.
  
84. **Newmann, K. J. and H. V. Meredith (1956).**  
 "Individual growth in skeletal bigonial diameter during the childhood period from 5 to 11 years of age."  
*Am J Anat* 99: 157-187.
  
85. **O'Rahilly, R. and E. Gardner (1972).**  
 "The initial appearance of ossification in staged human embryos."  
*Am J Anat* 134: 291-301.

86. **Ortega, G. and F. J. Aguila (1986).**  
 "Analysis of transverse maxillary diameter. Using Mayoral's method, in Cuban and Namibian young people with normal occlusion."  
*Anat Anz* 161: 53-60.
87. **Othsubo, J., F. Ishikawa and Y. Kuwahara (1964).**  
 "A longitudinal study of dental development between 6 to 13 years of age - Growth changes of dentition."  
*J Jpn Orthod Soc* 23: 182-190.
88. **Persson, M. (1973).**  
 "Structure and growth of facial sutures."  
*Odont. Revy.* 24 Suppl. 26.
89. **Pont, A. (1909).**  
 "Der Zahn-Index in der Orthodontie."  
*Z Zahnärztl Orthop* 3: 306-321.
90. **Reichenbach, E. and H. Brückl (1952).**  
 "Kieferorthopädische Klinik und Therapie: Eine Einführung für den Zahnarzt."  
*Zahnärztliche Fortbildung, Heft 7; Arbeitsgemeinschaft med. Verl., Barth; Leipzig*
91. **Ritter, R. (1951).**  
 "Kieferorthopädie. In Port, C., Euler, H."  
*(Hrsg.): Lehrbuch der Zahnheilkunde. Bergmann, München*
92. **Rittershofer, L. F. (1937).**  
 "A Study of Dimensional Changes during Growth and Development of the Face."  
*Internat. J. Orthodont. and Oral Surgery* 23: 462-481.
93. **Ross-Powell, R. E. and E. F. Harris (2000).**  
 "Growth of the anterior dental arch in black American children: a longitudinal study from 3 to 18 years of age."  
*Am J Orthod Dentofacial Orthop* 118: 649-657.
94. **Sakai, M. (1979).**  
 "Relationship of dental arch and basal arch with growth changes - A study based on the average growth from 3 years to 14 years."  
*Shigaku* 67: 481-489.
95. **Sarhan, O. A. and R. R. Diwan (1987).**  
 "Maxillary arch dimensions in Egyptian and British children."  
*Odontostomatol Trop* 10: 101-106.

96. **Savara, B. S. and I. J. Singh (1968).**  
 "Norms of size and annual increments of seven anatomical measures of maxillae in boys from three to sixteen years of age."  
*Angle Orthod* 38: 104-120.
97. **Savara, B. S. and W. E. Tracy (1967).**  
 "Norms of size and annual increments for five anatomical measures of the mandible in boys from three to sixteen years of age."  
*Arch Oral Biol* 12: 469-486.
98. **Schiebler, T. H., W. Schmidt and K. Zilles (1997).**  
 "Anatomie."  
 7. Auflage, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg
99. **Schmuth, G. (1994).**  
 "Befunderhebung und Systematik in der Kieferorthopädie."  
*Schmuth, G., EDS. Kieferorthopädie I, Praxis der Zahnheilkunde 11, 3. Auflage, Urban&Schwarzenberg Verlag, München* 3-47.
100. **Schmuth, G. and A. Vardimon (1994).**  
 "Kieferorthopädie."  
*Thieme, Stuttgart* 130-139.
101. **Schroeder, H. E. (2000).**  
 "Orale Strukturbiologie."  
 5. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart
102. **Schulze, C. (1993).**  
 "Lehrbuch der Kieferorthopädie. Die normale und abnormale Entwicklung des Gebisses, Die Umbauvorgänge im Parodontium und Kiefergelenksbereich, Morpho- bzw. Pathogenese und Ätiologie der Dysgnathien."  
*Band 3, 2. überarb. Auflage, Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin*
103. **Schumacher, G. H. (1997).**  
 "Principles of skeletal growth. In: Fundamentals of craniofacial growth. Dixon A. D., Hoyte D. A. N., Ronning O. Eds."  
*CRC Press, Boca Raton (USA)*
104. **Schwartzkopf, F. and E. Vogl (1984).**  
 "The Crozat technique."  
*Quintessence Publishing, Chicago* 27-40.
105. **Schwarz, A. M. (1961).**  
 "Lehrgang der Gebißregelung."  
*Urban & Schwarzenberg, Wien, Innsbruck*

106. **Scott, J. H. (1953).**  
 "The variability of cranial and facial dimensions in modern skulls."  
*Br Dent J* 94: 27-31.
107. **Scott, J. H. (1957).**  
 "The growth in width of the facial skeleton."  
*Am J Orthod* 43: 366-371.
108. **Scott, J. H. (1967).**  
 "Dento- facial development and growth."  
*Pergamon Press, Oxford, New York*
109. **Sicher, H. (1965).**  
 "Oral Anatomy."  
*C. V. Mosby Co.* 4th ed.
110. **Singh, I. J. and B. S. Savara (1966).**  
 "Norms of size and annual increments of seven anatomical measures of maxillae in girls from three to sixteen years of age."  
*Angle Orthod* 36: 312-324.
111. **Skieller, V. (1964).**  
 "Expansion of the midpalatal suture by removable plates, analysed by the implant method."  
*Trans. Europ. Orthodont. Soc.:* 143-158.
112. **Smith, R. J. and H. L. Bailit (1977).**  
 "Variation in dental occlusion and arches among Melanesians of Bougainville Island, Papua New Guinea. I. Methods, age changes, sex differences and population comparisons."  
*Am J Phys Anthropol* 47: 195-208.
113. **Smyth, C. and M. Young (1932).**  
 "Facial growth in children, with special reference to dentition."  
*Medical Research Council, Special Report series, v 171. London: HM Stationery Ofc*
114. **Snodell, S. F., R. S. Nanda and G. F. Currier (1993).**  
 "A longitudinal cephalometric study of transverse and vertical craniofacial growth."  
*Am J Orthod Dentofacial Orthop* 104: 471-483.
115. **Stifter, J. (1958).**  
 "A study of Pont's, Howes', Rees', Neff's and Boltons' analyses on class I adult dentition."  
*Angle Orthod* 28: 215-225.

116. **Timms, D. J. and J. P. Moss (1971).**  
 "An histological investigation into the effects of rapid maxillary expansion on the teeth and their supporting tissues."  
*Trans Eur Orthod Soc*: 263-271.
117. **Todd, T. W. (1930).**  
 "Facial Growth and Mandibular Adjustment."  
*Int J Orthodontia* 16: 1243-1267.
118. **Todd, T. W. and D. W. Lyon (1924).**  
 "Endocranial suture closure. Part I. Adult males of white stock."  
*Am. J. Phys. Anthropol.* 7: 325-384.
119. **Todd, T. W. and D. W. Lyon (1925).**  
 "Cranial suture closure. Its progress and age relationship. Part II. Ectocranial closure in adult males of white stock."  
*Am. J. Phys. Anthropol.* 8: 23-45.
120. **Tsujino, K. and Y. Machida (1998).**  
 "A longitudinal study of the growth and development of the dental arch width from childhood to adolescence in Japanese."  
*Bull Tokyo Dent Coll* 39: 75-89.
121. **Warren, E. B. (1959).**  
 "A study of correlation of denture and skeletal widths."  
*Master's thesis, College of Dentistry, University of Tennessee*
122. **Wei, S. H. (1970).**  
 "Craniofacial width dimensions."  
*Angle Orthod* 40: 141-147.
123. **Weise, W. and F. Benthake (1965).**  
 "Die heutige Bedeutung der Zahnbogensollwerte für die kieferorthopädische Behandlung."  
*Zahnärztl. Welt* 66: 622-661 u. 700.
124. **Wiebrecht, A. T. (1975).**  
 "The philosophy underlying the use of the Crozat appliance."  
*Int J Orthod* 13: 14-15.
125. **Woo, T. L. (1931).**  
 "On the asymmetry of the human skull."  
*Biometrika* 22: 324-352.
126. **Wood, N. K., L. E. Wragg and O. H. Stuteville (1967).**  
 "The premaxilla: embryological evidence that it does not exist in man."  
*Anat Rec* 158: 485-489.

127. **Woods, G. A. (1950).**  
"Changes in width dimensions between certain teeth and facial points during human growth."  
*Am J Orthod* 36: 676-699.
128. **Worms, F. W., T. M. Speidel, L. H. Meskin and R. J. Isaacson (1969).**  
"The validity of Pont's Index as an orthodontic diagnostic tool."  
*I.A.D.R. Meeting, North American Division. Abstract 691*
129. **Wright, G. H. (1911).**  
"A study of the maxillary sutures."  
*Dent. Cosmos* 52: 633-642.
130. **Young, M., E. Johnson, C. Smith and M. Still (1937).**  
"Investigation Into the Nature and Characteristic Features of Post-Normal Occlusion."  
*Medical Research Council, No. 225, London*

## 10 Anhang

### 10.1 Literaturfundstellen zu Messmethoden - Geschichtlicher Abriss

#### 10.1.1 Literaturfundstellen zu kraniometrischen Untersuchungen

Untersuchungen des kraniofazialen Systems wurden 1927 von Hellman an 108 amerikanischen Indianerschädeln durchgeführt. Die Schädel wurden mit Hilfe der Zahnentwicklung klassifiziert und es wurden die Gesichtshöhe, -breite und -tiefe vermessen. Die Studie umfasste ein Schädelkollektiv vom Säuglings- bis hin zum Erwachsenenalter. Die Untersuchungen ergaben, dass die Gesichtsbreite am langsamsten, die Gesichtshöhe schneller und die Gesichtstiefe am schnellsten wächst. [Hellman 1927]

Rittershofer untersuchte die Gesichtsentwicklung anhand von 57 philippinischen Schädeln und zusätzlich 100 Unterkiefern. Die Schädel wurden anhand der Zahnentwicklung in acht Stadien eingeteilt. Die Studie zeigte eine Wachstumskurve der Bicondylarbreite (zwischen den Processi condylares der Mandibula gemessen) und der Bigonialbreite (zwischen den Gonionwinkeln der Mandibula gemessen), welche bis zum Zeitpunkt des Durchbruchs des 2. Molaren einen steilen Anstieg aufwies, der bis zum Durchbruch des 3. Molaren etwas abflachte und schließlich stagniert ist. Rittershofer fand weiterhin heraus, dass das größte Breitenwachstum im Unterkiefer zwischen den Kieferwinkeln und den Kondylen stattgefunden hat. Das größte Breitenwachstum im Mittelgesicht erfolgte im Bereich der Bizygomaticumbreite (zwischen den Arci zygomatici), gefolgt von dem Bereich der Bimalarbreite (an den Os zygomatici vermessen) und der vorderen Nasenbreite. Das geringste Breitenwachstum im Mittelgesicht fand man zwischen den Oberkiefereckzähnen. [Rittershofer 1937]

Woo untersuchte 800 ägyptische Schädel aus der 26. bis 30. Dynastie und nahm jeweils 63 Messungen an jedem Schädel vor. Das Ergebnis der Studie zeigte, dass der menschliche Schädel von Natur aus Asymmetrien aufweist, wobei die rechte Schädelhälfte gegenüber der Linken dominiert, ebenso wie die rechte Hemisphäre des Gehirns größer ist als die linke. Eine Ausnahme fand sich in dieser Studie für den Malarknochen

(Os zygomaticum), bei dem alle Messungen eine linksseitige Dominanz zeigten und bei dem nur wenig Beziehung zur Gehirnentwicklung bestand. [Woo 1931]

Harris untersuchte philippinische Schädel im Museum für Anthropologie an der Universität von Michigan. 74 % der Schädel zeigten Asymmetrien, 26 % davon in der Calvaria. 25 % der Schädel zeigten eine nach hinten gerichtete und 19 % eine seitliche Verschiebung der Os zygomatici. Bei 35 % zeigte sich eine seitliche Verschiebung des Os maxillare. [Harris 1938]

Harvold nahm Symmetrieuntersuchungen an 80 Schädeln im Alter von 3 bis 20 Jahren vor. Asymmetrien des Gesichtsschädels fanden sich in der Fossa canina, dem Nasenseptum, dem unteren seitlichen Orbitalrand und dem seitlichen Processus des Os zygomaticum. Zur weiteren Untersuchung wurden postero-anterior Röntgenaufnahmen angefertigt. In 90 % der Fälle lag die Spina nasalis anterior maximal 1,5 mm von der Mittellinie, durch die Crista galli verlaufend, entfernt. Die temporale Grenze des Os zygomaticum und die Sutura zygomaticomaxillaris wiesen eine gute Symmetrie zur Crista galli und zur Sutura zygomaticofrontalis auf. Die Symmetrie zeigte keine Veränderungen in Bezug auf die sehr unterschiedliche Form der Kieferhöhlen, der anomalen Zahnposition oder den Asymmetrien des Os maxillare bei Gaumenspalten. Harvold legte die Vermutung nahe, dass die Zahnbögen zu einem hohen Grad unabhängig von den angrenzenden basalen Strukturen sind. [Harvold 1951]

Scott untersuchte in einer Studie 700 schottische Schädel ohne Unterkiefer. Er fand einen durchschnittlichen Wert von 128 mm für die Bizygomaticumbreite (vermessen wurde der Abstand an der lateralsten Stelle der Os zygomatici), 140 mm für die Kranialbreite, 91 mm für die Intermalarbreite (vermessen zwischen den unteren Enden der Sutura zygomaticomaxillaris der Os zygomatici) und 37 mm für die Breite des Os palatinum (vermessen zwischen den inneren Alveolarwänden in Höhe der 2. bleibenden Molaren). Alle Schädel mit überdurchschnittlich großen Intermalarbreiten wiesen über dem Durchschnitt liegende Bizygomaticumbreiten und umgekehrt auf. Kein derartiger Zusammenhang wurde zwischen der Intermalarbreite und Kranialbreite gefunden. [Scott 1953]



### **10.1.2 Literaturfundstellen zu kephalometrische Untersuchungen**

Goldstein untersuchte 50 männliche US Amerikaner beginnend im Alter von 2,5 bis 3,5 Jahren, jährlich bis zum Alter von 20,5 bis 21,5 Jahren. Messungen wurden in allen drei Gesichtsdimensionen, der sagittalen, vertikalen und transversalen Dimension vorgenommen. Das Ergebnis dieser Untersuchung zeigte, dass das sagittale Wachstum des Kopfes am größten ist, gefolgt vom Transversalwachstum und dem Vertikalwachstum. Das kraniale Wachstum endet zuerst, gefolgt vom Transversalwachstum, Vertikal- und Sagittalwachstum des Gesichtes. [Goldstein 1936]

Krogman stellte fest, dass die Gesichtsbreite von Geburt bis zum Erwachsenenalter nur um 40 % zunimmt, die Gesichtshöhe um 55 % und die Gesichtstiefe um 70 %. [Krogman 1973]

Hellman führte an 526 weiblichen und 670 männlichen, aus den USA stammenden, kieferorthopädisch vorbehandelten Patienten Messungen direkt an deren Gesichtern durch. Im Alter von 5,5 bis 22 Jahren wurden die Messungen in der Sagittal-, Vertikal- und Transversal-Ebene vorgenommen. Hierbei zeigte sich, dass die größten Gesichtsdimensionen am wenigsten wachsen und die kleinsten am meisten. Die vertikalen Gesichtsdimensionen wachsen mehr posterior als in anterior, die transversalen und sagittalen Gesichtsdimensionen wachsen mehr kaudal als kranial. [Hellman 1932]

Smyth und Young untersuchten das Gesichtswachstum bei 1200 Kindern mit jeweils 20 Messungen. Ergebnis dieser Studie war, dass nach dem Durchbruch der Milchzähne die Alveolarbögen der Kiefer in der sagittalen Dimension nicht mehr wachsen. Weiterhin wurde ermittelt, dass eine definitive Breitenzunahme der Zahnbögen erst nach dem 4. Lebensjahr auftritt. Ein Zusammenhang für das Wachstum konnte zwischen der an den Os zygomatici gemessenen Breite und der Zahnbogenbreite festgestellt werden. Außerdem fanden die Autoren einen geringen Zusammenhang zwischen einem schmalen Gesicht und einem relativ hohen Gaumen. [Smyth und Young 1932]

Hellman hat an 308 männlichen Studenten der Columbia Universität Messungen vorgenommen. Die Studenten wurden nach ihrer Okklusion in Angle-Klassen eingeteilt. Es wurden Messungen in allen drei Dimensionen des Kopfes angefertigt. Es stellte sich

heraus, dass Asymmetrien bei Gesichtern mit normaler Okklusion nur sehr leicht und bei Gesichtern mit einer Malokklusion deutlicher ausgeprägt sind. [Hellman 1939]

### **10.1.3 Literaturfundstellen zu röntgenologisch-kephalometrische Untersuchungen**

Meredith untersuchte anhand von 60 Mädchen mit nordwesteuropäischer Abstammung Veränderungen des Kopfes und des Gesichtes, die zwischen dem fünften und elften Lebensjahr auftreten. Es wurden jährlich kephalometrische Messungen direkt am Kopf der Kinder durchgeführt und Röntgenbilder angefertigt. In dem angegebenen Zeitraum wuchs die Bizygomaticumbreite stärker als die Biparietalbreite, aber insgesamt weniger als die Bigonialbreite. Die Bialarbreite wächst fast genauso schnell wie die Bizygomaticumbreite. [Meredith 1960]

Savara und Tracy untersuchten das Unterkieferwachstum von 52 Jungen nordwesteuropäischer Abstammung in einer longitudinalen Studie. Vom 3. bis 16. Lebensjahr wurden jährlich postero-anterior und laterale Röntgenaufnahmen sowie laterale Röntgenaufnahmen mit offenem Mund angefertigt. Im Untersuchungszeitraum zeigte die Bicondylarbreite (von Kondylion zu Kondylion) mit 27 mm ein etwas geringeres Wachstum als die Bigonialbreite (von Gonion zu Gonion) mit 30 mm. Die Unterkiefer zeigten in der vertikalen Dimension das geringste Wachstum, in der transversalen Dimension etwas mehr Wachstum und in der sagittalen Dimension das stärkste Wachstum. Um auch eventuelle Geschlechtsunterschiede berücksichtigen zu können, wurde ein Literaturvergleich vorgenommen. Hierbei wiesen die Jungen im Alter von drei Jahren bei allen Messungen größere Werte als die Mädchen auf. Eine Ausnahme bildete hierbei die Bigonialbreite. Mit 16 Jahren waren alle Messwerte der Jungen größer als bei den Mädchen, so dass die Wachstumszunahme vom 3. bis 16. Lebensjahr bei den Jungen insgesamt größer ausfiel als bei den Mädchen. Der Adoleszenz-Wachstumsspur trat bei den Jungen später auf als bei den Mädchen. [Savara und Tracy 1967]

Anders verhält sich das Oberkieferwachstum. Das Vertikalwachstum ist hier am größten, das Sagittalwachstum kleiner und das Transversalwachstum am geringsten.

Dieses ermittelten Savara und Singh mit im Jahre 1967 gewonnenen Röntgenbildern anhand einer longitudinalen Untersuchung über das Oberkieferwachstum. Die Studie zeigte, dass die Wachstumsrate in der Höhe am größten, in der Länge kleiner und in der Breite am geringsten ist. Im Einklang mit anderen Studien wurde festgestellt, dass die Messwerte bei den Jungen in allen Dimensionen größer waren als bei den Mädchen und dass der jugendliche Wachstumsspur bei den Jungen zwei bis drei Jahre später auftritt als bei den Mädchen. [Savara und Singh 1968]

Warren untersuchte die Beziehung der dentalen und skelettalen Breite an 24 Jungen mit exzellenter statischer Okklusion. Im Ober- und Unterkiefer wurden die Breite zwischen den Eckzähnen sowie die Breite zwischen den ersten Molaren, die Bilateroorbitalbreite, die Bimaxillarbite und die Bigonialbreite vermessen. Warren fand heraus, dass die Messergebnisse der Oberkieferzahnbogenbreite signifikant mit den Messergebnissen der Mittelgesichtsbite korrelieren. Eine Korrelation zwischen der Unterkieferzahnbogenbreite und der Bigonialbreite konnte nicht gefunden werden. [Warren 1959]

Meredith und Higley untersuchten Kinder aus der Umgebung von Iowa City im Alter von fünf Jahren ( $n=82$ ) und zwei Jahre später im Alter von sieben Jahren ( $n=64$ ). Direkt am Kopf der Kinder wurde die Bizygomaticumbite und die Biparietalbreite, an Gipsmodellen die Zahnbogenbreite der Ober- und Unterkieferzähne und mit Hilfe von standardisierten postero-anterior Röntgenaufnahmen die Bigonialbreite vermessen. Kein signifikanter Zusammenhang wurde zwischen der Oberkieferzahnbogenbreite und der Biparietalbreite und zwischen der Unterkieferzahnbogenbreite und der Bigonialbreite gefunden. [Meredith und Higley 1951]

In einer Studie von Woods wurden von 14 weiblichen und 14 männlichen Patienten ab dem dritten bis zum fünften Lebensjahr halbjährlich und von da an jährlich bis zum 15 Lebensjahr laterale und frontale Röntgenbilder angefertigt. Es zeigte sich, dass vom 3. bis 15. Lebensjahr die Bizygomaticum- und Bigonialbreite stetig ansteigen. Der Abstand der oberen Eckzähne wuchs schrittweise im gesamten Untersuchungszeitraum. Zwischen dem 7. und 12. Lebensjahr konnte kein Wachstum festgestellt werden. Das Gleiche galt für den Abstand der unteren Eckzähne, wobei hier zwischen dem 6. und 11. Lebensjahr kein Wachstum festgestellt werden konnte. Der Abstand zwischen den

ersten Oberkiefermolaren nahm, bis die Zähne in Okklusion traten, zu, danach war nur noch eine deutlich geringere Breitenzunahme festzustellen. Die Breite zwischen den ersten Unterkiefermolaren nahm hingegen ab, bis die Zähne in Okklusion traten. Im Anschluss hieran fand sich ein unterschiedliches Wachstumverhalten mit Zunahme, Abnahme oder konstanter Breite. Ein geschlechtsspezifischer Unterschied wurde in dieser Studie nur in der absoluten Größe der transversalen Messungen gemacht, wobei die weiblichen Patienten in allen Dimensionen etwas kleiner waren als die männlichen [Woods 1950].

Newman und Meredith haben bei 36 Mädchen und 36 Jungen aus der Umgebung von Iowa City die Bigonialbreite mit Hilfe von standardisierten postero-anterior Röntgenaufnahmen vermessen. Die Jungen wurden in halbjährlichen Intervallen, die Mädchen in jährlichen Intervallen zwischen dem fünften und elften Lebensjahr geröntgt. Die durchschnittliche Bigonialbreite war bei den Jungen größer als bei den Mädchen. [Newmann und Meredith 1956]

Cortella et al. haben aus der Bolton-Brush Studie postero-anterior Röntgenbilder von 18 weiblichen und 18 männlichen Probanden im Alter von 5 bis 18 Jahren analysiert. Die Röntgenbilder wurden in den ersten vier Lebensjahren alle 6 Monate, anschließend jährlich bis ins Erwachsenenalter angefertigt. Alle Probanden hatten eine exzellente statische Okklusion. Signifikante Geschlechtsunterschiede traten bei der Mandibulabreite erst mit 16 Jahren auf, bei der Maxillabreite mit 17 und 18 Jahren. Die Daten zeigten einen Anstieg der Wachstumsgeschwindigkeit der Mandibula- und Maxillabreite, die im Durchschnitt mit dem Beginn des adoleszenten Wachstumsspurtes zusammenfiel. Bei Mädchen lag dieser bei 11,5 Jahren und bei Jungen zwischen 13,5 bis 14 Jahren. Weiterhin wurde festgestellt, dass das Breitenwachstum des Os maxillae sich eher verlangsamt als das Breitenwachstum des Os mandibulae. Insgesamt fand ein größeres Wachstum in der Mandibula als in der Maxilla statt. [Cortella et al. 1997]

In einer Studie von Basyouni und Nanda wurden 30 Frauen und 30 Männer im Alter von fünf bis 18 Jahren jährlich mittels postero-anterior Röntgenaufnahmen untersucht. Ergebnis der Studie war, dass das Wachstum der Bilateroorbitalbreite zuerst beendet ist,

gefolgt von der Bizygomaticum-, Bicondylar-, Bimaxillar-, Bigonial- und Bilateronasal-Breite [Basyouni und Nanda 2000].

Athanasiou et al. untersuchten postero-anterior Röntgenaufnahmen von 157 weiblichen und 431 männlichen österreichischen Schulkindern im Alter von 6 bis 15 Jahren. Ergebnis der Studie war, dass alle skelettalen Breiten, zwischen den Messpunkten Antegonion, Latero-orbitale, Mastoid, Medio-orbitale und Maxillare, im gesamten Untersuchungszeitraum wachsen. Die Unterkiefer-Intermolarenbreite zeigte im gesamten Untersuchungszeitraum kein Wachstum, die Oberkiefer Intermolarenbreite im Zeitraum von 9 bis 12 Jahren. [Athanasiou et al. 1992]

Bishara et al. untersuchten am Ober- und Unterkiefer die vordere Zahnbogenbreite zwischen den Eckzähnen und die hintere Zahnbogenbreite zwischen den ersten Molaren. In der ersten Gruppe wurden 33 Mädchen und 28 Jungen im Alter von 6 Wochen, 1 Jahr und 2 Jahren vermessen. In der zweiten Gruppe wurden 15 weibliche und 15 männliche Personen im Alter von 3, 5, 8, 13, 26 und 45 Jahren vermessen. Ergebnis der Studie war, dass im Alter von sechs Wochen und 2 Jahren eine signifikante Breitenzunahme bei den Mädchen und Jungen an allen Messstrecken zu verzeichnen war. Das Breitenwachstum hält bis zum 13. Lebensjahr im Ober- und Unterkiefer an und nimmt dann bei Durchbruch aller bleibenden Zähne leicht ab, etwas mehr zwischen den Eckzähnen als zwischen den Molaren. Das Unterkieferbreitenwachstum zwischen den Eckzähnen hält im Durchschnitt bis zum 8. Lebensjahr an. [Bishara et al. 1997]

Singh und Savara untersuchten den Oberkiefer von 50 Mädchen im Alter von 3 bis 16 Jahren. Es wurden jährlich laterale und frontale Röntgenaufnahmen angefertigt und die Oberkieferhöhe, Breite und Länge vermessen. Ergebnis dieser Studie war, dass der Oberkiefer einen Wachstumsspur im Alter von 10 bis 12 Jahren zeigt. Das größte Wachstum findet in der Höhe, gefolgt von der Länge und anschließend von der Breite statt. [Singh und Savara 1966]

Snodell et al. untersuchten die transversale und vertikale Gesichtsdimension mit Hilfe von postero-anterior Röntgenaufnahmen von 25 Mädchen im Alter von 4 bis 20 Jahren

und 25 Jungen im Alter von 4 bis 25 Jahren. Die Studie zeigte, dass im Alter von 6 Jahren das transversale Wachstum weiter fortgeschritten ist als das vertikale Wachstum. Bereits 80 % der endgültigen Breite, wenn man das 18. Lebensjahr als 100 % setzt, waren mit dem 6. Lebensjahr erreicht. Korrelationsanalysen nach Pearson zeigten, dass die Bizygomatumbreite mit allen anderen transversalen Messstrecken, außer der Oberkieferbreite bei den Jungen, korreliert. Die Zahnbogenbreite, an den ersten Molaren vermessen, korrelierte mit  $r=0,85$  ( $p=0,0001$ ) zwischen Ober- und Unterkiefer und an den zweiten Molaren vermessen mit  $r=0,80$  ( $p=0,0001$ ). Die meisten geschlechtsspezifischen Unterschiede zeigten sich im Alter von 18 Jahren. [Snodell et al. 1993]

## 10.2 Kolmogorov-Smirnov-Test

In der Tabelle 10-1 ist für jede Variable und jede „step function“ Klasse die Irrtumswahrscheinlichkeit  $p$  angegeben. Eine signifikante Abweichung von der Normalverteilung besteht bei  $p < 0,05$ .

„-“ bedeutet: Es sind nicht genügend gültige Fälle zur Ausführung des Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstestes vorhanden.

**Tabelle 10-1:** Kolmogorov-Smirnov-Test

	sfa_Klasse 2	sfa_Klasse 4	sfa_Klasse 6	sfa_Klasse 8	sfa_Klasse 10	sfa_Klasse 12	sfa_Klasse 14	sfa_Klasse 19
1 b12	-	-	-	0,91	0,99	0,87	0,99	0,97
b52	0,77	0,21	0,98	1,00	-	-	-	-
2 b11	-	-	1,00	0,37	0,99	1,00	0,96	0,99
b51	0,99	0,85	0,90	-	-	-	-	-
3 b21	-	-	1,00	0,89	0,97	0,85	0,95	0,99
b61	0,92	0,90	0,97	-	-	-	-	-
4 b22	-	-	-	0,75	0,86	0,90	0,96	0,95
b62	0,62	0,71	0,99	0,80	-	-	-	-
5 b32	-	-	-	1,00	0,94	0,91	0,81	0,93
b72	0,47	0,98	0,99	-	-	-	-	-
6 b31	-	-	0,76	0,68	0,94	0,93	1,00	0,99
b71	0,97	0,77	0,97	-	-	-	-	-
7 b41	-	-	0,92	1,00	0,85	0,96	0,86	0,68
b81	0,89	0,91	1,00	-	-	-	-	-
8 b42	-	-	-	0,91	0,98	0,99	0,81	0,67
b82	0,63	0,96	0,75	-	-	-	-	-
9 d_b_u_b	-	-	-	-	-	0,94	0,51	0,95
d_b_u_m	0,92	0,92	0,92	0,94	0,92	0,90	-	-
10 ap_ba_uk	0,90	0,92	0,92	0,82	0,43	0,83	0,82	1,00
11 sk_ba_uk	0,97	0,70	0,47	0,99	0,57	0,67	0,87	0,90
12 ang_man	0,73	0,87	0,58	0,91	0,64	0,90	0,59	0,91
13 d_b_o_b	-	-	-	-	-	1,00	0,99	0,90
d_b_o_m	0,84	0,96	0,96	0,70	1,00	0,99	-	-
14 ap_ba_ok	0,96	0,94	0,90	0,72	1,00	0,99	0,98	0,80
15 pro_al	0,82	0,99	0,81	0,10	1,00	0,98	0,58	0,57
16 su_zy_ma	0,93	0,98	0,93	0,97	0,49	0,99	0,94	0,94
17 ar_zyg	0,77	1,00	0,80	0,72	0,47	0,99	0,73	0,32
18 biauibr	0,96	0,80	0,70	0,87	0,92	0,87	1,00	0,95
19 bizygbr	0,13	1,00	0,82	0,85	0,72	0,95	0,75	0,97
20 transorbr	0,90	0,98	0,63	0,54	0,86	0,95	0,99	0,90
21 wipetre	0,77	0,93	0,78	0,73	0,93	0,86	0,98	0,82
22 wipetli	0,14	0,44	0,55	0,14	0,94	0,60	1,00	0,98
23 tcondy	0,53	0,99	0,94	0,96	0,62	1,00	0,93	1,00
24 Siok	-	-	-	0,45	0,78	0,76	1,00	0,88
25 Siuk	-	-	-	1,00	0,92	0,98	0,99	0,41

### 10.3 t-Test bei zwei unabhängigen Stichproben

In der Tabelle 10-2 sind für jede Variable, in Klammern darunter, die zu vergleichenden „step function“ Klassen angegeben.

„=“ bedeutet: Varianzen sind gleich

„≠“ bedeutet: Varianzen sind nicht gleich

Grau markiert ist für jede Variable die Zeile, die nach dem Levene-Test eine Varianzhomogenität oder Varianzheterogenität aufweist.

In der Spalte für die Signifikanz des t-Testes für die Mittelwertgleichheit sind die Werte fett gedruckt, für die eine signifikante Mittelwertungleichheit vorliegt.



**Tabelle 10-2:** t-Test bei zwei unabhängigen Stichproben

			Levene-Test der Varianzgleichheit		t-Test für die Mittelwertgleichheit						
			F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
										Untere	Obere
1	b12	=	0,90	0,35	1,91	37,00	0,06	0,44	0,23	-0,03	0,91
	(8/19)	≠			1,67	16,18	0,11	0,44	0,26	-0,12	1,00
	b52	=	7,17	0,01	-0,30	40,00	0,77	-0,04	0,12	-0,28	0,21
	(2/6)	≠			-0,35	39,16	0,73	-0,04	0,11	-0,25	0,18
2	b11	=	0,01	0,94	2,14	43,00	<b>0,04</b>	0,38	0,18	0,02	0,74
	(8/19)	≠			2,20	20,71	0,04	0,38	0,17	0,02	0,74
	b51	=	1,42	0,24	0,95	34,00	0,35	0,13	0,14	-0,15	0,40
	(2/6)	≠			1,00	31,93	0,33	0,13	0,13	-0,13	0,39
3	b21	=	0,82	0,38	1,68	13,00	0,12	0,54	0,32	-0,16	1,25
	(6/19)	≠			1,43	5,66	0,20	0,54	0,38	-0,40	1,49
	b61	=	4,27	0,05	0,60	35,00	0,55	0,07	0,11	-0,16	0,29
	(2/6)	≠			0,62	31,57	0,54	0,07	0,11	-0,15	0,28
4	b22	=	0,01	0,94	1,79	37,00	0,08	0,39	0,22	-0,05	0,83
	(8/19)	≠			1,71	19,14	0,10	0,39	0,23	-0,09	0,86
	b62	=	1,75	0,19	0,40	39,00	0,69	0,05	0,11	-0,19	0,28
	(2/6)	≠			0,43	38,26	0,67	0,05	0,11	-0,17	0,26
5	b32	=	1,35	0,25	1,96	32,00	0,06	0,35	0,18	-0,01	0,71
	(8/19)	≠			2,28	24,42	0,03	0,35	0,15	0,03	0,66
	b72	=	6,37	0,01	0,48	48,00	0,63	0,04	0,09	-0,13	0,22
	(2/6)	≠			0,47	38,67	0,64	0,04	0,09	-0,14	0,22
6	b31	=	0,02	0,90	1,79	25,00	0,09	0,27	0,15	-0,04	0,58
	(6/19)	≠			1,82	22,72	0,08	0,27	0,15	-0,04	0,57
	b71	=	0,03	0,86	-1,18	33,00	0,25	-0,12	0,10	-0,33	0,09
	(2/6)	≠			-1,10	12,51	0,29	-0,12	0,11	-0,35	0,12
7	b41	=	0,86	0,36	1,92	23,00	0,07	0,36	0,19	-0,03	0,74
	(6/19)	≠			1,73	13,21	0,11	0,36	0,21	-0,09	0,80
	b81	=	1,20	0,28	-1,04	35,00	0,31	-0,10	0,09	-0,29	0,09
	(2/6)	≠			-0,87	10,72	0,40	-0,10	0,11	-0,34	0,15
8	b42	=	1,87	0,18	2,18	34,00	<b>0,04</b>	0,39	0,18	0,03	0,75
	(8/19)	≠			2,55	28,22	0,02	0,39	0,15	0,08	0,70
	b82	=	5,04	0,03	0,24	49,00	0,81	0,02	0,09	-0,16	0,21
	(2/6)	≠			0,24	43,81	0,81	0,02	0,09	-0,16	0,21
9	d_b_u_b	=	0,93	0,35	0,44	13,00	0,67	0,74	1,67	-2,87	4,35
	(12/19)	≠			0,51	11,75	0,62	0,74	1,45	-2,42	3,90

d_b_u_m	=	0,98	0,33	-1,99	31,00	0,06	-1,33	0,67	-2,70	0,03
(2/10)	≠			-1,91	23,06	0,07	-1,33	0,70	-2,77	0,11
10 ap_ba_uk	=	11,26	<0,01	0,43	30,00	0,67	0,35	0,80	-1,29	1,99
(2/19)	≠			0,33	11,29	0,74	0,35	1,04	-1,94	2,64
11 sk_ba_uk	=	11,37	<0,01	2,77	30,00	0,01	3,31	1,20	0,87	5,75
(2/19)	≠			2,24	12,31	<b>0,04</b>	3,31	1,48	0,09	6,52
12 ang_man	=	6,03	0,02	-13,59	37,00	<0,01	-20,89	1,54	-24,01	-17,78
(2/19)	≠			-10,82	12,72	<b>&lt;0,01</b>	-20,89	1,93	-25,07	-16,71
13 d_b_o_b	=	0,15	0,71	-0,75	13,00	0,47	-1,12	1,50	-4,37	2,13
(12/19)	≠			-0,75	8,19	0,47	-1,12	1,50	-4,57	2,32
d_b_o_m	=	0,00	0,96	-7,82	17,00	<b>&lt;0,01</b>	-4,96	0,63	-6,29	-3,62
(2/12)	≠			-7,78	12,48	<0,01	-4,96	0,64	-6,34	-3,57
14 ap_ba_ok	=	3,17	0,09	-4,58	26,00	<b>&lt;0,01</b>	-2,87	0,63	-4,16	-1,58
(2/19)	≠			-4,26	16,61	<0,01	-2,87	0,68	-4,30	-1,45
15 pro_al	=	3,16	0,09	-13,52	27,00	<b>&lt;0,01</b>	-12,51	0,93	-14,41	-10,61
(2/19)	≠			-12,11	14,77	<0,01	-12,51	1,03	-14,72	-10,31
16 su_zy_ma	=	2,29	0,14	-18,38	28,00	<b>&lt;0,01</b>	-24,55	1,34	-27,28	-21,81
(2/19)	≠			-16,56	15,94	<0,01	-24,55	1,48	-27,69	-21,40
17 ar_zyg	=	12,06	<0,01	-21,87	30,00	<0,01	-29,14	1,33	-31,86	-26,42
(2/19)	≠			-18,41	13,78	<b>&lt;0,01</b>	-29,14	1,58	-32,54	-25,74
18 biauribr	=	12,21	<0,01	-12,95	27,00	<0,01	-24,45	1,89	-28,33	-20,58
(2/19)	≠			-11,58	14,63	<b>&lt;0,01</b>	-24,45	2,11	-28,96	-19,94
19 bzygbr	=	12,55	<0,01	-15,31	27,00	<0,01	-23,96	1,56	-27,17	-20,75
(2/19)	≠			-13,33	13,05	<b>&lt;0,01</b>	-23,96	1,80	-27,84	-20,07
20 transorbr	=	2,59	0,12	-11,98	27,00	<b>&lt;0,01</b>	-14,47	1,21	-16,95	-11,99
(2/19)	≠			-10,82	15,30	<0,01	-14,47	1,34	-17,32	-11,63
21 wipetre	=	0,04	0,84	3,27	27,00	<b>&lt;0,01</b>	2,88	0,88	1,07	4,68
(2/19)	≠			3,28	24,15	<0,01	2,88	0,88	1,07	4,69
22 wipetli	=	0,15	0,71	2,95	27,00	<b>0,01</b>	2,86	0,97	0,87	4,84
(2/19)	≠			2,83	20,08	0,01	2,86	1,01	0,75	4,96
23 tcondy	=	3,20	0,08	-16,13	38,00	<b>&lt;0,01</b>	-25,39	1,57	-28,58	-22,21
(2/19)	≠			-13,02	12,96	<0,01	-25,39	1,95	-29,61	-21,18
24 siok	=	0,19	0,66	1,99	38,00	0,05	1,54	0,78	-0,03	3,11
(8/19)	≠			1,91	19,17	0,07	1,54	0,81	-0,15	3,23
25 siuk	=	0,85	0,36	1,77	34,00	0,09	1,08	0,61	-0,16	2,32
(8/19)	≠			1,95	24,52	0,06	1,08	0,55	-0,06	2,21

## 10.4 Korrelationstabellen nach Pearson

Die Korrelationskoeffizienten  $r \geq 0,7$  sind fett gedruckt hervorgehoben. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 signifikant. Alle Werte, für die die Fehlerwahrscheinlichkeit  $p > 0,05$  ist, werden nicht dargestellt.

„-“ bedeutet: Kann nicht berechnet werden, da mindestens eine der Variablen konstant ist.

**Tabelle 10-3:** Korrelation der „step function“ Klasse 2

	0	9m	9b	10	11	12	13m	13b	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
0	1																			
9m		1																		
9b	-	-	-																	
10		<b>,74</b>	-	1																
11		,53	-	,62	1															
12			-	,46	,44	1														
13m		,63	-	,67			1													
13b	-	-	-	-	-	-	-	-												
14			-					-	1											
15			-				<b>,74</b>	-		1										
16			-					-			1									
17		,59	-			,48		-			,60	1								
18			-			,62		-				,61	1							
19			-					-				<b>,93</b>	,56	1						
20		<b>,81</b>	-					-							1					
21			-					-								1				
22			-					-								<b>,78</b>	1			
23	,41		-			,39		-			,52							1		
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Tabelle 10-4:** Korrelation der „step function“ Klasse 4

	0	9m	9b	10	11	12	13m	13b	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
0	1																			
9m		1																		
9b	-	-	-																	
10		<b>,83</b>	-	1																
11		<b>,73</b>	-	<b>,78</b>	1															
12		<b>,61</b>	-	<b>,50</b>	<b>,58</b>	1														
13m		<b>,84</b>	-	<b>,68</b>	<b>,67</b>	<b>,67</b>	1													
13b	-	-	-	-	-	-	-	-												
14		<b>,62</b>	-	<b>,55</b>	<b>,51</b>		<b>,74</b>	-	1											
15		<b>,75</b>	-	<b>,48</b>	<b>,49</b>	<b>,54</b>	<b>,83</b>	-	<b>,70</b>	1										
16		<b>,54</b>	-			<b>,67</b>	<b>,66</b>	-	<b>,55</b>	<b>,80</b>	1									
17		<b>,64</b>	-	<b>,45</b>		<b>,68</b>	<b>,72</b>	-	<b>,46</b>	<b>,83</b>	<b>,88</b>	1								
18			-			<b>,72</b>	<b>,50</b>	-	<b>,55</b>	<b>,66</b>	<b>,67</b>	1								
19		<b>,67</b>	-	<b>,45</b>	<b>,43</b>	<b>,68</b>	<b>,79</b>	-	<b>,52</b>	<b>,83</b>	<b>,90</b>	<b>,96</b>	<b>,70</b>	1						
20	<b>,40</b>		-			<b>,49</b>	<b>,45</b>	-		<b>,58</b>	<b>,76</b>	<b>,79</b>	<b>,48</b>	<b>,73</b>	1					
21			-					-								1				
22			-					-									1			
23		<b>,61</b>	-	<b>,41</b>		<b>,73</b>	<b>,80</b>	-	<b>,58</b>	<b>,76</b>	<b>,78</b>	<b>,86</b>	<b>,60</b>	<b>,83</b>	<b>,67</b>			1		
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Tabelle 10-5:** Korrelation der „step function“ Klasse 6

	0	9m	9b	10	11	12	13m	13b	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
0	1																			
9m		1																		
9b	-	-	-																	
10		<b>,73</b>	-	1																
11		<b>,67</b>	-	<b>,90</b>	1															
12		<b>,52</b>	-	<b>,61</b>	<b>,60</b>	1														
13m		<b>,79</b>	-	<b>,63</b>	<b>,56</b>	<b>,64</b>	1													
13b	-	-	-	-	-	-	-	-												
14		<b>,46</b>	-	<b>,58</b>	<b>,49</b>		<b>,40</b>	-	1											
15		<b>,72</b>	-	<b>,68</b>	<b>,61</b>	<b>,63</b>	<b>,80</b>	-	<b>,54</b>	1										
16		<b>,43</b>	-	<b>,40</b>	<b>,42</b>	<b>,47</b>	<b>,45</b>	-	<b>,66</b>	<b>,66</b>	1									
17		<b>,47</b>	-	<b>,59</b>	<b>,58</b>	<b>,68</b>	<b>,56</b>	-	<b>,71</b>	<b>,76</b>	1									
18		<b>,56</b>	-	<b>,60</b>	<b>,63</b>	<b>,70</b>	<b>,64</b>	-	<b>,70</b>	<b>,62</b>	<b>,82</b>	1								
19		<b>,48</b>	-	<b>,59</b>	<b>,60</b>	<b>,74</b>	<b>,59</b>	-	<b>,74</b>	<b>,73</b>	<b>,97</b>	<b>,89</b>	1							
20		<b>,57</b>	-	<b>,61</b>	<b>,48</b>	<b>,56</b>	<b>,60</b>	-	<b>,38</b>	<b>,82</b>	<b>,77</b>	<b>,82</b>	<b>,71</b>	<b>,78</b>	1					
21			-					-								1				
22			-					-								<b>,80</b>	1			
23			-			<b>,61</b>	<b>,43</b>	-	<b>,69</b>	<b>,70</b>	<b>,92</b>	<b>,73</b>	<b>,92</b>	<b>,75</b>				1		
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Tabelle 10-6:** Korrelation der „step function“ Klasse 8

	0	9m	9b	10	11	12	13m	13b	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
0	1																			
9m		1																		
9b		-	-																	
10				1																
11					1															
12						1														
13m							1													
13b								-												
14									1											
15										1										
16											1									
17												1								
18													1							
19														1						
20															1					
21																1				
22																	1			
23																		1		
24																			1	
25																				1

**Tabelle 10-7:** Korrelation der „step function“ Klasse 10

	0	9m	9b	10	11	12	13m	13b	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
0	1																			
9m		1																		
9b			1																	
10				1																
11					1															
12						1														
13m							1													
13b								-												
14									1											
15										1										
16											1									
17												1								
18													1							
19														1						
20															1					
21																1				
22																	1			
23																		1		
24																			1	
25																				1

**Tabelle 10-8:** Korrelation der „step function“ Klasse 12

	0	9m	9b	10	11	12	13m	13b	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
0	1																			
9m		1																		
9b			1																	
10				1																
11				<b>,72</b>	1															
12						1														
13m			-				1													
13b			-	<b>,98</b>			-	1												
14				<b>,67</b>					1											
15									<b>,64</b>	1										
16									<b>,66</b>	<b>,59</b>	1									
17						<b>,58</b>			<b>,63</b>		<b>,79</b>	1								
18											<b>,58</b>	<b>,58</b>	1							
19						<b>,60</b>					<b>,54</b>	<b>,82</b>	<b>,74</b>	1						
20									<b>,61</b>	<b>,81</b>	<b>,70</b>				1					
21												<b>,58</b>				1				
22																<b>,96</b>	1			
23								<b>,97</b>	<b>,58</b>		<b>,68</b>	<b>,83</b>		<b>,78</b>		<b>,54</b>		1		
24																			1	
25																			<b>,79</b>	1

**Tabelle 10-9:** Korrelation der „step function“ Klasse 14

	0	9m	9b	10	11	12	13m	13b	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
0	-																			
9m	-	-																		
9b	-	-	1																	
10	-	-		1																
11	-	-			1															
12	-	-				1														
13m	-	-	-	-	-	-	-													
13b	-	-	<b>,80</b>				-	1												
14	-	-		<b>,69</b>			-		1											
15	-	-	<b>,79</b>				-	<b>,80</b>		1										
16	-	-	<b>,83</b>				-	<b>,75</b>	<b>,96</b>	1										
17	-	-	<b>,76</b>			<b>,82</b>	-	<b>,83</b>	<b>,84</b>	<b>,89</b>	1									
18	-	-				<b>,88</b>	-	<b>,84</b>	<b>,78</b>	<b>,80</b>	<b>,94</b>	1								
19	-	-				<b>,91</b>	-		<b>,70</b>	<b>,80</b>	<b>,95</b>	<b>,89</b>	1							
20	-	-	<b>,82</b>				-	<b>,75</b>	<b>,90</b>	<b>,80</b>	<b>,69</b>	<b>,68</b>		1						
21	-	-														1				
22	-	-							<b>-,71</b>					<b>-,88</b>			1			
23	-	-		<b>,67</b>		<b>,88</b>	-	<b>,76</b>		<b>,71</b>	<b>,91</b>	<b>,87</b>	<b>,94</b>					1		
24	-	-			<b>-,71</b>														1	
25	-	-																		1

**Tabelle 10-10:** Korrelation der „step function“ Klasse 19

	0	9m	9b	10	11	12	13m	13b	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
0	1																			
9m	-	-																		
9b		-	1																	
10		-	,86	1																
11		-	,89	,83	1															
12		-			,78	1														
13m	-	-	-	-	-	-	-													
13b		-			,88	,74	-	1												
14		-					-		1											
15		-					-	,70		1										
16		-					-				1									
17		-					-	,74		,76		1								
18		-				,74	-	,76		,77		,90	1							
19		-				,61	-	,73		,69		,95	,94	1						
20		-			,63		-	,70		,67		,81	,78	,73	1					
21	,60	-					-									1				
22		-					-										1			
23		-					-			,65		,81	,83	,86				1		
24		-					-					,71		,62	,59				1	
25		-					-			,70	,70	,79		,73	,61				,75	1

**Tabelle 10-11:** Korrelation der „step function“ Klasse 30

	0	9m	9b	10	11	12	13m	13b	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
0	-																			
9m	-	-																		
9b	-	-	1																	
10	-	-		1																
11	-	-			1															
12	-	-				1														
13m	-	-	-	-	-	-	-													
13b	-	-	,80	,83			-	1												
14	-	-					-		1											
15	-	-				,72	-			1										
16	-	-					-			,76	1									
17	-	-				,70	-					1								
18	-	-				,76	-			,84	,71	,76	1							
19	-	-					-					,96	,75	1						
20	-	-					-	,68				,68			1					
21	-	-					-	,83								1				
22	-	-					-	,76								,93	1			
23	-	-					-			,77		,91		,88				1		
24	-	-					-								-,68				1	
25	-	-					-													1

## 10.5 Zusammenfassung der Messwerte

**Tabelle 10-12:** Zusammenfassung der Messwerte der Variablen 9 bis 25 für die jeweiligen Altersklassen  
Altersklassen (AK), Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD), Anzahl der Fälle (N), Minimum (Min), Maximum (Max)

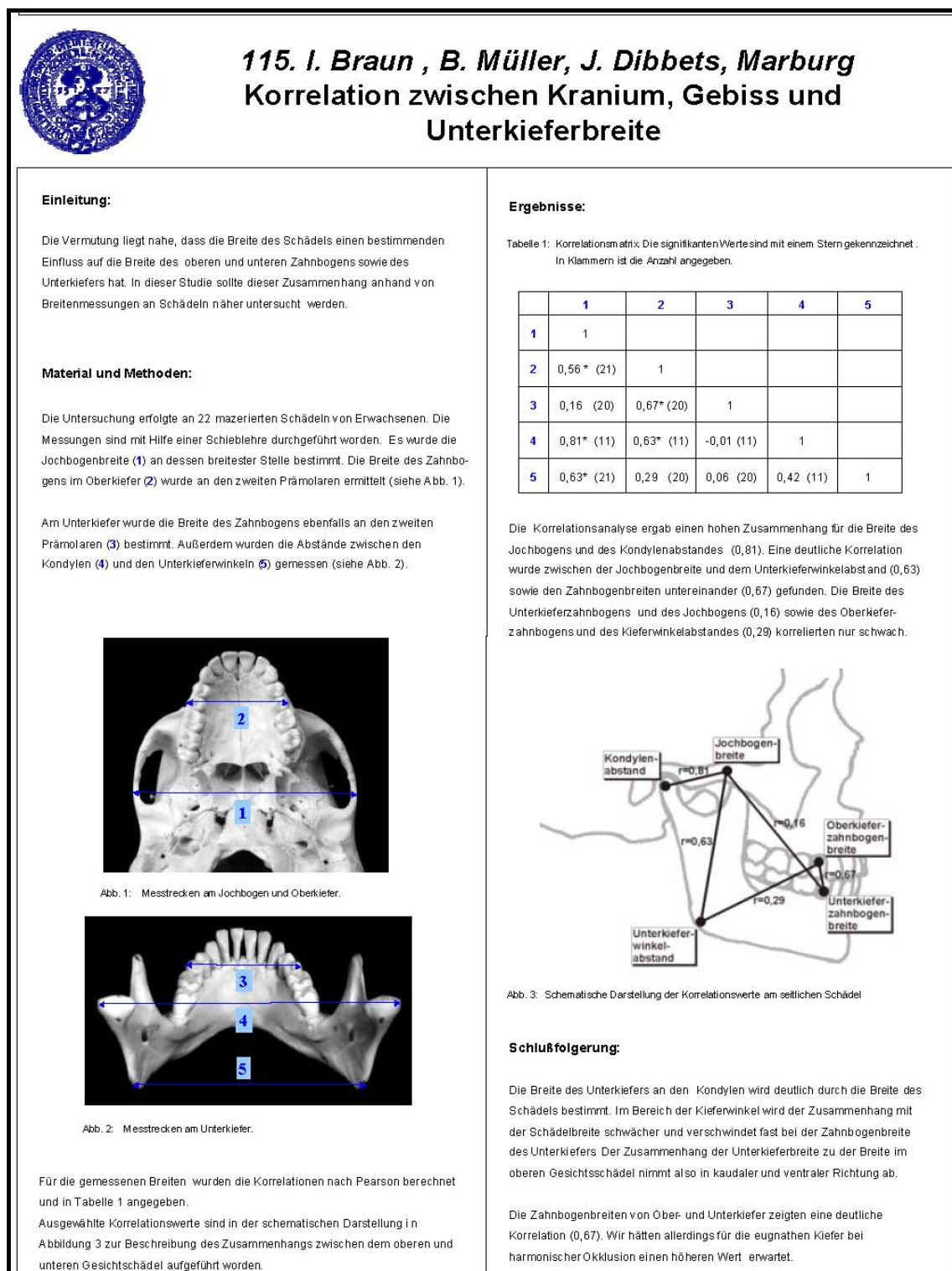
AK		9	9b	9m	10	11	12	13	13b	13m	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
2	MW:	42,83		42,83	30,24	42,99	64,41	45,82		45,82	25,27	48,24	67,75	87,79	70,26	85,83	74,48	56,79	57,15	78,82		
	SD:	1,50		1,50	1,17	2,16	3,48	1,32		1,32	1,23	1,63	2,69	2,35	3,27	2,16	2,23	2,35	2,30	3,71		
	N:	18	0	18	21	21	28	12	0	12	16	17	18	20	17	17	17	17	17	29	0	0
	Min:	40,15		40,15	28,32	37,69	55,91	43,14		43,14	23,27	45,29	62,08	83,98	65,49	83,24	71,86	53,00	54,50	69,65		
	Max:	45,70		45,70	32,82	46,71	70,18	47,92		47,92	27,19	51,46	72,05	93,75	77,14	92,06	80,47	60,50	61,50	88,30		
4	MW:	43,65		43,65	30,60	43,18	67,86	46,88		46,88	25,41	50,39	72,03	94,03	76,52	91,88	77,49	57,57	57,74	83,36		
	SD:	1,93		1,93	1,64	3,04	4,62	2,58		2,58	1,95	2,65	3,85	5,01	4,27	4,55	3,71	2,33	2,54	4,07		
	N:	28	0	28	28	28	28	26	0	26	26	27	26	26	27	27	27	27	27	27		
	Min:	40,31		40,31	25,91	37,09	57,32	42,13		42,13	21,74	44,77	64,83	83,37	67,11	82,95	71,39	53,50	53,00	74,14		
	Max:	46,91		46,91	33,51	49,53	77,15	51,80		51,80	30,43	54,99	80,76	102,24	84,06	99,70	86,40	63,50	65,00	89,99		
6	MW:	43,66		43,66	30,57	44,19	74,42	48,43		48,43	26,00	54,46	77,37	100,62	82,16	98,07	81,55	56,33	56,48	90,89		21,37
	SD:	2,00		2,00	2,51	3,81	4,44	1,54		1,54	1,57	2,22	3,32	4,83	4,37	4,31	3,74	3,12	3,16	4,66		
	N:	29	0	29	29	29	29	26	0	26	27	27	27	28	27	27	27	27	27	29	0	1
	Min:	40,76		40,76	26,42	38,05	62,55	45,39		45,39	23,06	51,04	71,36	92,69	75,97	90,85	75,24	51,00	51,00	81,79		
	Max:	48,66		48,66	37,06	54,67	83,17	51,64		51,64	29,21	58,39	84,48	113,75	90,16	108,35	90,16	63,50	63,50	102,72		
8	MW:	43,98		43,98	30,06	43,09	77,93	49,56	51,71	49,50	26,44	56,83	81,31	105,64	87,27	102,35	84,63	56,32	56,95	95,92	30,55	22,87
	SD:	2,01		2,01	1,51	2,81	3,86	2,15		2,15	1,79	3,49	3,49	4,15	4,86	4,25	3,41	2,98	3,67	4,09	2,18	1,79
	N:	26	0	26	26	26	27	35	1	34	37	38	38	38	37	37	37	37	37	23	28	25
	Min:	39,98		39,98	27,10	37,47	69,70	45,24		45,24	23,18	51,38	74,09	97,07	77,53	93,83	78,02	52,00	51,50	89,43	23,29	18,83
	Max:	48,32		48,32	32,78	48,46	85,95	53,60		53,60	29,98	67,00	88,83	112,52	96,11	110,59	90,76	64,00	65,50	104,58	34,38	26,78
10	MW:	44,16		44,16	30,20	42,13	79,56	49,69	45,27	49,99	26,23	57,29	82,41	106,75	87,58	103,69	84,69	56,05	55,50	96,57	30,12	22,83
	SD:	2,33		2,33	1,96	3,01	3,25	2,77		2,59	2,16	3,36	3,54	3,86	3,49	3,70	3,71	2,90	3,47	3,55	2,27	1,48
	N:	15	0	15	16	16	18	16	1	15	19	19	19	20	19	19	19	19	19	15	19	18
	Min:	38,66		38,66	25,70	36,01	73,33	44,75		44,75	22,74	51,61	75,49	101,49	81,23	98,67	76,29	50,00	48,00	92,41	26,34	19,71
	Max:	48,24		48,24	32,74	46,87	85,91	54,67		54,67	31,60	64,75	89,89	114,82	96,00	111,45	91,56	61,00	62,00	102,88	34,18	25,64



sfa_KI		9	9b	9m	10	11	12	13	13b	13m	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
12	MW:	43,75	43,52	44,14	29,86	42,49	81,49	49,67	48,12	50,78	26,49	57,50	84,30	106,54	86,84	102,49	83,44	55,14	55,14	96,92	30,08	22,37
	SD:	1,80	2,19	1,21	1,95	3,75	3,26	2,36	2,73	1,35	1,69	2,20	4,57	3,97	4,43	4,00	4,29	2,93	2,76	3,85	1,94	1,30
	N:	8	5	3	14	14	15	12	5	7	14	14	15	16	14	14	14	14	14	16	13	16
	Min:	41,20	41,20	42,76	26,88	37,24	75,86	44,89	44,89	48,97	23,59	54,39	77,55	98,27	79,62	93,57	75,39	48,50	48,00	91,25	26,87	20,80
	Max:	46,25	46,25	45,01	34,37	49,31	86,57	53,22	52,19	53,22	29,18	61,81	92,74	112,71	93,90	109,36	90,84	61,00	60,00	104,26	34,00	24,66
14	MW:	44,01	44,01		30,49	41,78	81,75	49,79	49,79		26,72	58,75	86,88	111,56	92,19	106,70	87,57	56,11	55,22	99,84	29,81	22,62
	SD:	2,09	2,09		2,21	5,03	6,75	2,59	2,59		1,82	4,06	5,18	7,44	6,05	6,47	4,50	5,79	4,96	6,52	1,35	0,67
	N:	8	8	0	9	9	9	8	8	0	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	8
	Min:	39,53	39,53		25,76	33,40	73,60	45,43	45,43		23,95	52,60	78,52	98,78	81,01	97,84	79,95	48,00	49,00	89,63	27,91	21,65
	Max:	46,78	46,78		33,60	47,55	93,24	53,41	53,41		29,64	67,10	96,78	121,45	100,86	116,84	95,20	63,00	63,50	112,83	31,98	23,48
19	MW:	42,78	42,78		29,89	39,68	85,30	49,24	49,24		28,14	60,75	92,29	116,93	94,71	109,79	88,95	53,92	54,29	104,22	29,00	21,79
	SD:	3,36	3,36		3,35	4,65	6,02	2,76	2,76		2,09	3,31	4,64	5,17	6,78	5,96	4,24	2,30	2,92	6,05	2,40	1,39
	N:	10	10	0	11	11	11	10	10	0	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	12	11
	Min:	36,10	36,10		23,23	30,79	75,95	45,35	45,35		25,25	54,01	84,14	107,58	84,43	101,41	78,83	50,00	49,00	92,96	26,01	18,66
	Max:	47,31	47,31		35,34	44,90	93,20	53,21	53,21		31,72	66,02	100,79	124,69	104,43	119,64	95,65	57,00	60,00	115,02	34,20	23,34
30	MW:	43,77	43,77		29,73	40,14	90,55	49,27	49,27		29,43	59,96	90,27	119,19	96,33	111,23	92,96	54,40	53,95	106,14	28,26	21,04
	SD:	3,15	3,15		2,14	3,25	6,64	2,18	2,18		2,45	2,72	2,98	5,88	7,07	4,64	4,42	5,81	3,24	5,30	2,21	1,05
	N:	8	8	0	9	9	10	8	8	0	9	9	9	10	10	10	10	10	10	8	9	8
	Min:	38,39	38,39		27,14	35,62	81,18	46,25	46,25		23,96	56,91	84,84	109,80	84,57	103,66	85,04	43,00	48,00	98,02	25,24	19,95
	Max:	46,76	46,76		33,26	45,96	101,38	52,65	52,65		31,65	64,17	94,67	126,59	107,56	116,12	98,66	65,00	60,00	113,08	31,71	22,85

## 10.6 Poster, 77. Wissenschaftliche Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Kieferorthopädie

**Abbildung 10-1:** Poster, 77. Wissenschaftliche Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Kieferorthopädie Freiburg i. Br. 22.-26. September 2004



Für die gemessenen Breiten wurden die Korrelationen nach Pearson berechnet und in Tabelle 1 angegeben.

Ausgewählte Korrelationswerte sind in der schematischen Darstellung in Abbildung 3 zur Beschreibung des Zusammenhangs zwischen dem oberen und unteren Gesichtsschädel aufgeführt worden.

## 11 Verzeichnis akademischer Lehrer

Meine akademischen Lehrer an der Philipps-Universität in Marburg waren die Damen und Herren Professor(-inn)en und Dozent(-inn)en:

Aumüller, Austermann, Bach, Cetin, Coca, Czubayko, Daut, Dibbets, Feuser, Flores de Jacobi, Gente, Geuss, Fruhstorfer, Hellinger, Holzheidt, Jungklas, Kern, Koolmann, Lammel, Lang, Lange, Lehmann, Lotzmann, Löffler, McGregor, Mengel, Mittag, Pieper, Radsak, Ramaswamy, Richter, Rogausch, Röhm, Schumacher, Seitz, Stachniss, Stoll, Steiniger, Stelzel, Suske, Umstadt, Voigt, Wagner, Weihe, Wenz, Werner, Westermann, Zelder

## 12 Danksagung

Ich bedanke mich ganz herzlich bei

Herrn Professor Dr. J.M.H. Dibbets, Leiter der Abteilung Kieferorthopädie am Medizinischen Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Philipps-Universität Marburg, für die Überlassung des Themas, die sehr gute Betreuung und die vielen Anregungen und Hinweise, mit denen er mich beim schriftlichen Teil meiner Arbeit vielfältig unterstützt hat, sowie für die Überlassung der Schädelammlung für die Messungen.

Herrn Dr. Bernd Müller, EDV-Beauftragter der kieferorthopädischen Abteilung am Medizinischen Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Philipps-Universität Marburg, der mir bei der Anwendung des Programms SPSS, seiner Unterstützung in statistischen Fragen und bei der Erstellung der Diagramme und Grafiken zur Seite stand.

Meiner Familie.

## Übersicht der Variablen und deren Abkürzungen

Nr.	Variable	Abkürzung	Quelle
0	Step function age	(sfa)	[Greiner 2000]
1	Zahnbreite des Zahnes 12/ 52	(b12/52)	eigene Messung
2	Zahnbreite des Zahnes 11/ 51	(b11/51)	"
3	Zahnbreite des Zahnes 21/ 61	(b21/61)	"
4	Zahnbreite des Zahnes 22/ 62	(b22/62)	"
5	Zahnbreite des Zahnes 32/ 72	(b32/72)	"
6	Zahnbreite des Zahnes 31/ 71	(b31/71)	"
7	Zahnbreite des Zahnes 41/ 81	(b41/81)	"
8	Zahnbreite des Zahnes 42/ 82	(b42/82)	"
9	Dentale Basis des Unterkiefers	(de_ba_uk)	"
9b	Dentale Basis des Unterkiefers bleibende Zähne	(d_b_u_b)	"
9m	Dentale Basis des Unterkiefers Milchzähne	(d_b_u_m)	"
10	Apikale Basis des Unterkiefers	(ap_ba_uk)	"
11	Skelettale Basis des Unterkiefers	(sk_ba_uk)	"
12	Angulus mandibulae	(ang_man)	"
13	Dentale Basis des Oberkiefers	(de_ba_ok)	"
13b	Dentale Basis des Oberkiefers bleibende Zähne	(d_b_o_b)	"
13m	Dentale Basis des Oberkiefers Milchzähne	(d_b_o_m)	"
14	Apikale Basis des Oberkiefers	(ap_ba_ok)	"
15	Skelettale Basis des Oberkiefers	(sk_ba_ok)	"
16	Sutura zygomaticomaxillaris	(su_zy_ma)	"
17	Arcus zygomaticus	(ar_zyg)	"
18	Biauricularbreite	(biauribr)	[Greiner 2000]
19	Bizygomaticumbreite	(bizygbr)	"
20	Transorbitabreite	(transorbr)	"
21	Winkel am Os petrosum rechts	(wipetre)	"
22	Winkel am Os petrosum links	(wipetli)	"
23	Transversaler Intercondylarabstand	(t_condy)	[Gabrisch, pers. Mitteilung 2004]
24	Summe der Inzisivi im Oberkiefer	(SIOK)	eigene Messung
25	Summe der Inzisivi im Unterkiefer	(SIUK)	"